

Reine

und

Militär-Geographie.

Reine

und

Militär-Geographie.

Jos. Hahn.

Herausgegeben von H. H. General-Belehrungs-Unterricht, dargestellt in
strategischen Statistiken, vormalig Unter-Belehrungs-Unterricht des General-Belehrungs-Unterrichts
Geschichte im H. H. General-Belehrungs-Unterricht.

WIEN.

Verlag von Fendler & Co.

1848.

123

Enio

und

Witt - Georg

R e i n e

und

Militär-Geographie.

Von

Jos. Hain,

Hofkanzlisten des k. k. General-Rechnungs-Directoriums, zugetheilt bei der administrativen Statistik, vormals Unterlieutenant und Lehrer der Geographie und Geschichte im k. k. Bombardier-Corps.

W I E N.

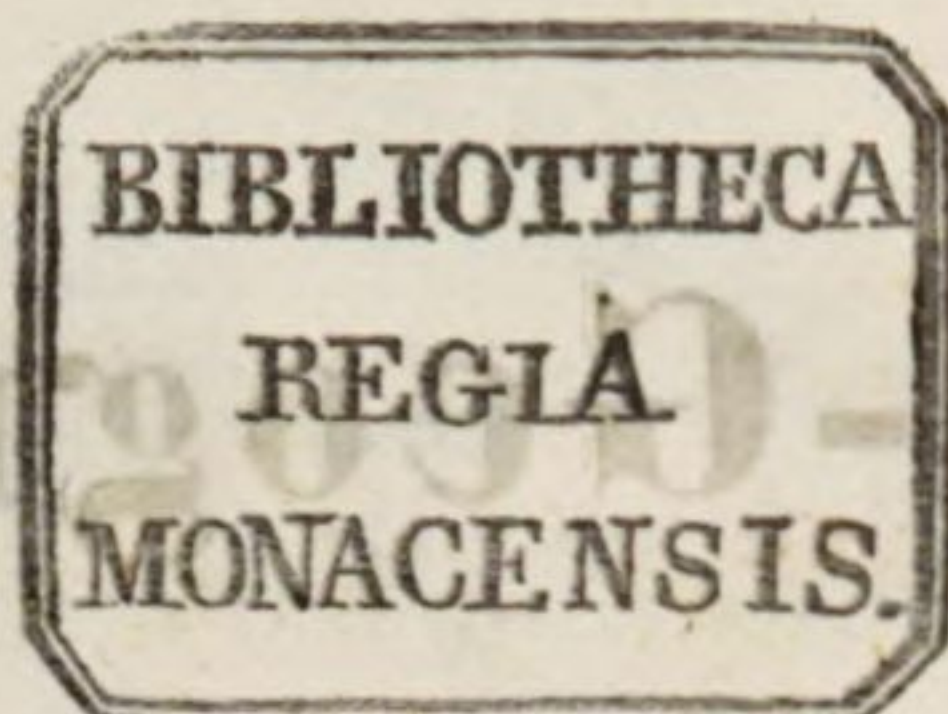
Verlag von Tendler & Comp.

1848.

12. 9.

Reine

und



Militär-Geographie.

Von

Jos. Helm

Hofkanzler des k. k. General-Hechnungs-Direktoriums, zugleich bei der admint-
rativen Statistik, vormalis Unterlieutenant und Lehrer der Geographie und
Geschichte im k. k. Bombardier-Corps.

Wien

Verlag von Tendler & Comp.

1852.

Vorrede.

Dieses Compendium der Reinen und Militär-Geographie, welchem vermöge hoher Artillerie-Directions-Verordnung die Ehre zu Theil wurde, im k. k. Bombardier-Corps als Lehrbuch eingeführt zu werden, entstand aus den Heften, nach welchen ich als Lehrer der Geographie und Geschichte daselbst den ersteren Gegenstand vortrug, in Ermanglung eines den Vorkenntnissen der Zöglinge und den sonstigen Verhältnissen angemessenen Lehrbuches. Die in den Curs der Geographie eintretenden Schüler haben die Elementar-Mathematik einschliesslich der sphärischen Trigonometrie absolvirt und es kann somit ein Theil der mathematischen Geographie streng wissenschaftlich abgehandelt werden, während der andere, welcher auf höhere Analysis und Mechanik sich gründet, so wie die Abtheilung der physischen in populärer Sprache gehalten sein muss. Dagegen sind dem Umfange der Militär-Geographie (und der politischen überhaupt) nur durch die materielle Zeit die Grenzen gesetzt.

Diese Umstände bestimmten denn auch den Standpunct, welchen ich bei der Zusammenstellung der zu den Vorlesungen benützten Hefte zu gewinnen trachtete, und wobei ich mir in Bezug auf den ersten Theil ausser anderen Werken besonders die von Berghaus, Christoph Bernouilli (Populationistik), Cotta (Geologie und Geognosie), Alexander von Humboldt, Joseph von Littrow, Mädler (populäre Astronomie) und Schmidt (mathematische und physische Geographie) zu Führern wählte.

Als ich aus dem mir unvergesslichen Corps schied, um meine gegenwärtige Laufbahn als Staatsbeamte im k. k. statistischen Bureau zu beginnen, wurde ich von dem Bombardier-Corps-Commandanten Herrn Obersten Joseph Jüttner und dem Professor Matheseos Herrn Major Anton Fink aufgefordert, die gehaltenen Vorlesungen zu veröffentlichen. Im Gefühle der Dankschuldigkeit unterzog ich mich dieser ehrenvollen, zugleich aber sehr schwierigen Unternehmung und sollte es mir gelungen sein, den schönen Zweck, zu welchem diese Arbeit durch die hohe Gnade Seiner kaiserlichen Hoheit des durchlauchtigsten Erzherzogs **Ludwig** bestimmt wurde, mindest theilweise erreicht zu haben, so würde ich mich vollkommen belohnt fühlen.

Wien im Juli 1847.

Der Verfasser.

Einleitung.

1. **G**eographie — Erdbeschreibung — ist diejenige Wissenschaft, welche die Beschaffenheit und den Zustand der Erde kennen lehrt. Sie ist eine **Erfahrungs-Wissenschaft**, da man nur auf dem Wege der Beobachtungen zu derlei Kenntnissen gelangen kann.

Bei der Unerschöpflichkeit des Stoffes der Geographie wird es nothwendig, sie nach verschiedenen Eintheilungsgründen in einzelne Partien — besondere Zweige der Gesamtgeographie — abzutheilen. Den nächsten Eintheilungsgrund bietet schon das **dreifache Verhältniss**, in welchem die Erde als mathematischer, als physischer Körper und als Wohnplatz des Menschengeschlechtes angesehen werden kann. Demnach zerfällt die Geographie in die **mathematische, physische und politische**. Die erstere betrachtet die Erde als mathematischen Körper, unabhängig von ihrer physischen Beschaffenheit, sowohl für sich als in ihren Verhältnissen zu den andern Weltkörpern, während die physische sie als physischen Körper in Bezug auf die Beschaffenheit ihrer Oberfläche, auf Klima, Erscheinungen und Wirkungen der Luft u. s. w. in Untersuchung nimmt. Die politische dagegen stellt die Erde in ihren mannigfaltigen Beziehungen als Wohnplatz des Menschengeschlechtes dar und wird häufig schlechthin Geographie (im engeren Sinne) genannt.

2. Obwohl durch diese Eintheilung der Geographie die Uebersicht ihres unermesslichen Gebietes erleichtert wird, so ist doch noch ein weiteres Unterabtheilen der politischen nothwendig und man nimmt als fernere Eintheilungsgründe:

a) die **Zeit**, für welche der Zustand der Erde und zwar ihrer eben bekannten Theile in der Art, wie es die Summe der eben erworbenen Kenntnisse gestattet, dargestellt wird;

b) den **Umfang** des Stoffes, welchen diese Darstellung in sich schliesst und

c) den **Zweck**, den man mit derselben erreichen will.

In Betreff der Zeit heisst die Geographie

- α) die alte — von der ersten geographischen Kenntniss bis zur Völkerwanderung (etwa vom Jahre 500 vor Chr. bis 476 nach Chr. Geb.),
- β) die mittlere — von da bis zur Entdeckung Amerika's (1492),
- γ) die neue — von da bis zum Wiener Congresse (1815) und
- δ) die neueste — von da bis auf unsere Zeiten (die Geographie der Gegenwart).

In Bezug auf den Umfang des Stoffes zerfällt die politische Geographie in universelle, wenn sie die ganze Erde, und in specielle, wenn sie grössere oder kleinere Theile derselben als Gegenstand ihrer Untersuchung behandelt; z. B. Special-Geographie vom Kaiserthume Oesterreich.

In Hinsicht des Zweckes, den man mit der Darstellung der Erde oder einzelner ihrer Theile erreichen will, wird das demselben Entsprechende besonders herausgehoben; man nimmt daher in einigen Puncten das Allgemeine, während man bei andern in's Detail eingeht. Desshalb sind die Benennungen: Militär-, Industrie-, Handels-Geographie, Geographie der Pflanzen u. s. w. an und für sich klar.

3. Wir werden zunächst das Wesentlichste der mathematischen und physischen Geographie in kurzen Umrissen zu geben, in einem Anhange das Wichtigste über den Menschen im Allgemeinen und im socialen, so wie im Staatsleben zusammenzufassen und hierauf die politische und Militär-Geographie — wovon die vom Kaiserthume Oesterreich und von Deutschland mehr im Detail, als jene der übrigen europäischen Staaten — darzustellen suchen, dagegen die andern Welttheile nur im Allgemeinen betrachten. Jedoch werden wir ausser dem Militärischwichtigen auch sonst Wissenswerthes anführen, und möglichst berücksichtigen, dass die Geographie überdies als Propädeutik für die Geschichte dienen soll, obwohl die alte, mittlere und neue Geographie hier in keine nähere Betrachtung kommen kann.

I. Abtheilung.

Mathematische Geographie.

I. Abschnitt.

Die Erde als Kugel.

4. Der Erklärung zufolge, welche wir von der mathematischen Geographie gaben, haben wir zunächst die Frage zu beantworten, was für ein Körper die Erde sei, d. h. welche Gestalt (Form) sie habe?

Um kürzer sprechen zu können, wollen wir früher das Allgemeine über die Weltkörper anführen, zu welchen die Erde gehört und in mannigfaltigen Beziehungen steht. Hierauf haben wir die Lage der einzelnen Punkte der Erde in Bezug auf gewisse fixe Ebenen, Linien und Punkte, die Bewegung, Lage und das Verhältniss der Erde zu den übrigen Himmelskörpern darzustellen, die Grösse, Masse und Dichte der Erde zu bestimmen, und endlich das Wichtigste von den verschiedenen Methoden, die Erde künstlich zu construiren, nebst dem Gebrauche solcher künstlichen Darstellungen anzugeben.

5. Die Gestirne, von denen wir mit unbewaffnetem Auge bei Tage die Sonne, zuweilen auch den Mond, Nachts aber eine unzählbare Menge Sterne und darunter manchmal wieder den Mond an dem blauen Himmelsgewölbe erblicken, nennt man **Welt- oder Himmelskörper**. Sie scheinen sämmtlich in ganz gleichen, keiner Abschätzung fähigen Entfernungen von uns an diesem zu haften und man unterscheidet sie in **Fixsterne**, **Planeten**, **Monde** und **Cometen**. Die Fixsterne haben ein funkelndes, eigenes Licht und man glaubte ehemals, dass sie auch stets in unveränderlichen (fixen) Entfernungen von einander stehen, von welcher supponirten Eigenschaft sie den Namen erhielten. Sie machen bei weitem die grösste Zahl der sichtbaren Sterne aus und heissen auch **Sonnen**. Unsere Sonne ist ein solcher Fixstern.

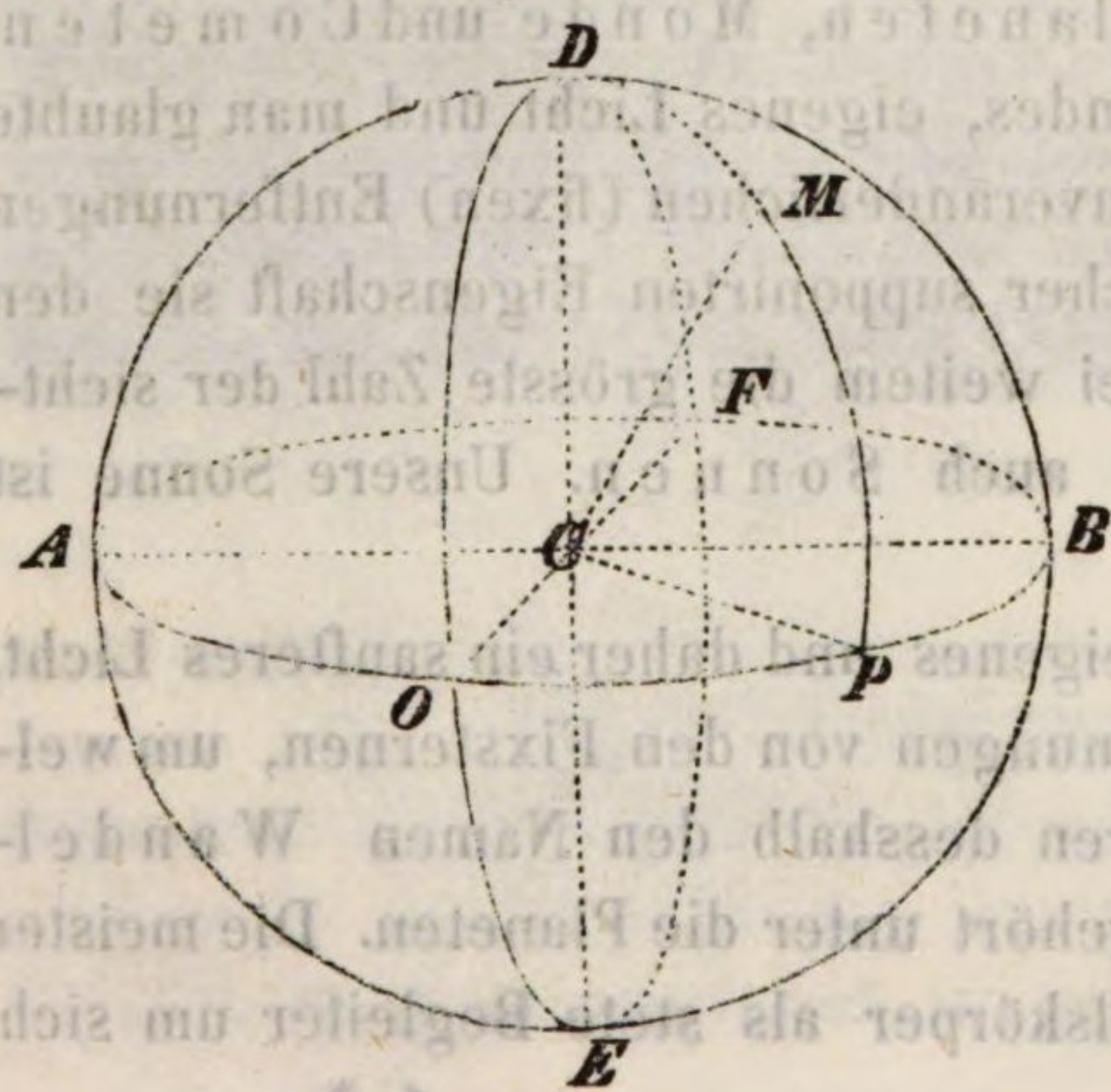
Die Planeten haben kein eigenes und daher ein sanfteres Licht, ändern fortwährend ihre Entfernungen von den Fixsternen, um welche sie sich bewegen und führen deshalb den Namen **Wandelsterne** (Planeten). Die Erde gehört unter die Planeten. Die meisten Planeten haben andere Himmelskörper als stete Begleiter um sich,

welche sowohl um erstere als mit ihnen um die Fixsterne sich bewegen und desshalb Trabanten, Nebenplaneten oder Monde heissen. In diese Classe gehört der Erdmond.

Die Cometen sind planetenartige Körper, welche aus Materien von sehr geringer Dichte bestehen, desswegen H a a r s t e r n e (Cometen) genannt werden, einen Kern und um diesen meist einen Schweif haben, der sehr verschiedenartige Formen zeigt.

Obwohl die Himmelskörper in der That äusserst verschiedene und namentlich die Fixsterne unmessbar grosse Entfernungen von der Erde haben; so ist doch klar, dass es gestattet sei, jeden Himmelskörper, nach seiner Richtung auf die Oberfläche einer hohlen Kugel von beliebigem Durchmesser uns versetzt zu denken, sobald wir eben nur auf die Richtung, in welcher er in Bezug auf den Mittelpunkt der fingirten Hohlkugel liegt, nicht aber auf seine Entfernung von demselben reflectiren. Den Mittelpunkt dieser Kugel bildet die Erde; denn es dreht sich um sie, wie die tägliche Erfahrung zeigt, das ganze Himmelsgewölbe mit allen seinen Sternen gleichförmig und binnen 24 Stunden einmal, ohne dass wir jemals auch nur die geringste Veränderung in den Abständen der bewegten Punkte von uns bemerken könnten. Die Erde selbst nimmt an dieser allgemeinen Bewegung, als Mittelpunkt derselben, keinen Antheil, sie scheint in ununterbrochener Ruhe zu verharren. Sofort können wir die Gestirne als auf der Oberfläche einer hohlen Kugel von willkürlichem Halbmesser befindlich betrachten und uns die Erde als deren Mittelpunkt denken.

6. Unter dieser so begründeten Voraussetzung hat es nun keine Schwierigkeit, die Lage der einzelnen Punkte des Himmels-



gewölbes, sowohl für sich gegen gewisse Ebenen, als gegen einander zu bestimmen. Dazu nimmt man zwei grösste Kreise, deren Ebenen auf einander senkrecht stehen, als fix an und nennt sie Coordinatenkreise. Der eine AOBFA heisst Abscissen- und der andere DOEFD Ordinatenkreis. Ist die Lage eines Punktes M der Kugel zu bestimmen,

so legt man durch ihn einen grössten Kreis DMP senkrecht auf AOBFA und misst die Winkel OCP, MCP oder die denselben entsprechenden Bogen OP, PM. Man nimmt gewöhnlich diese Bogen, von denen OP die Abscisse und MP die Ordinate heisst. Die Abscissen zählt man von einem der Durchschnittspunkte der beiden Coordinatenkreise (vom Ursprunge der Coordinaten) aus, z. B. von O und zwar entweder über B bis F und über A bis F, also bis 180° , oder von O aus über B, F und A zurück bis O oder nach entgegengesetzter Richtung, also bis 360° . Im ersten Falle nimmt man die Bogen nach der einen Richtung für positiv und die nach der andern für negativ oder unterscheidet sie nach irgend welchen Namen, welche die Qualitätszeichen dann ohnehin in sich fassen. Die Ordinaten werden vom Abscissenkreise bis zu 90° und zwar auf der einen Seite desselben positiv (etwa aufwärts), auf der andern (abwärts) negativ gezählt oder durch besondere Benennungen unterschieden. Sind daher die Coordinaten eines Punctes der Quantität und Qualität nach gegeben, so kann er mit keinem andern verwechselt werden.

Uebrigens ist begreiflich, dass man des Ordinatenkreises gar nicht bedürfe, sondern nur den Anfangspunct der Abscissen und die Richtung, nach welcher sie gezählt werden, zu kennen brauche. Eben so wenig ist die Versetzung der Puncte des Himmelsgewölbes auf die Oberfläche einer Kugel nothwendig, sobald man die Winkel nimmt, welche ihre Verbindungslinien mit dem Mittelpuncte der Erde gegen eine fixe Ebene und deren Projectionen mit einer fixen Geraden in letzterer bilden, so dass also auch der Abscissenkreis entbehrlich wird. Das obige Verfahren ist aber das übliche.

7. Als Coordinatenkreise zur Bestimmung der Puncte auf der Oberfläche der fingirten hohlen Kugel (Himmelskugel) werden drei Systeme von je zwei zusammengehörigen grössten Kreisen verwendet, nämlich

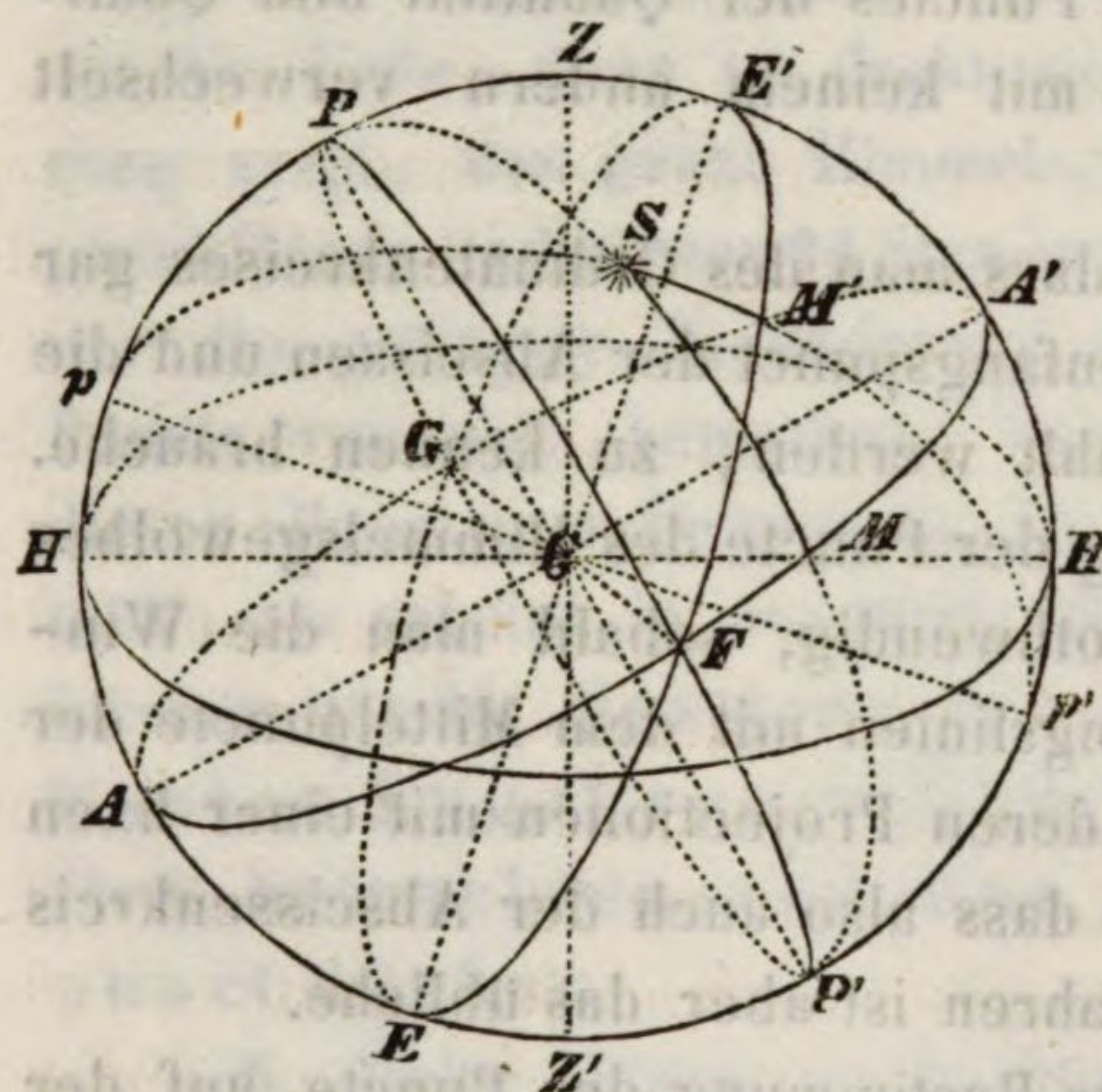
der Aequator mit einem Meridiane,
die Ecliptik mit einem Breitenkreise und
der Horizont mit einem Verticalkreise (Höhenkreise).
Ihre gegenseitige Lage ergibt sich aus Folgendem.

Die besprochene Bewegung der Himmelskugel mit allen ihren Gestirnen erfolgt, wie man bei etwas aufmerksamer Beobachtung erkennt, immer nach derselben Richtung um eine Gerade, deren Lage man beiläufig findet, wenn man seinen Standort mit dem Sterne α des kleinen Bären — vorzugsweise Polarstern genannt —

verbindet. Dieser Stern ist leicht zu finden; man braucht nur in der Verlängerung der beiden hintern Räder des Wagens — so pflegt man gemeinhin das Sternbild des grossen Bären zu nennen — den nächst gelegenen glänzendsten Stern (beiläufig in dem fünffachen



Pole, und zwar den in der Nähe des Polarsternes befindlichen den Nord-, den anderen den Süd-Pol.



Bogenabstände dieser beiden Räder) aufzusuchen, wie man aus der nebenstehenden Figur erkennt. Die Gerade, um welche die scheinbare Bewegung der Himmelskugel vor sich geht, nennt man die Weltaxe, ihre Endpunkte aber

Der grösste Kreis AA' , der zu seinen Polen die Weltpole hat, heisst Aequator, und alle jene grössten Kreise, deren Ebenen durch die Weltaxe PP' gehen, werden Meridiane genannt.

Beobachtet man die Bewegung der Sonne als des auffallendsten Gestirnes durch längere Zeit, so findet man, dass sie jährlich am Himmelsgewölbe

einen Kreis EE' beschreibt, den man die Ecliptik oder scheinbare Sonnenbahn nennt. Jeder grösste Kreis, welcher durch ihre Pole geht, heisst Breitenkreis. Sie ist gegen den Aequator unter einem nahezu constanten Winkel $ACE = 23\frac{1}{2}^\circ$, welcher die Schiefe der Ecliptik heisst, geneigt und durchschneidet ihn daher in einer Geraden FG .

Befestigt man einen schweren Körper an einem Faden, so wird er nach einer bestimmten Richtung gespannt, welche die verticale heisst und an jedem einzelnen Orte der Erde in einer bestimmten unveränderlichen Lage gegen die Weltaxe bleibt. Verlängert man diese Richtung von einem Punkte der Erde aus auf- und abwärts, bis die Himmelskugel geschnitten wird, so heisst der oberhalb desselben befindliche Durchschnittspunct Z das Zenith (Schei-

telpunct) und der entgegengesetzte Z' das Nadir (Fusspunct). Der grösste Kreis HH , der diese beiden Punkte Z, Z' zu seinen Polen hat, heisst *Horizont*, und alle grössten Kreise, deren Ebenen durch die Verticale ZZ' gehen, werden *Verticalkreise* genannt.

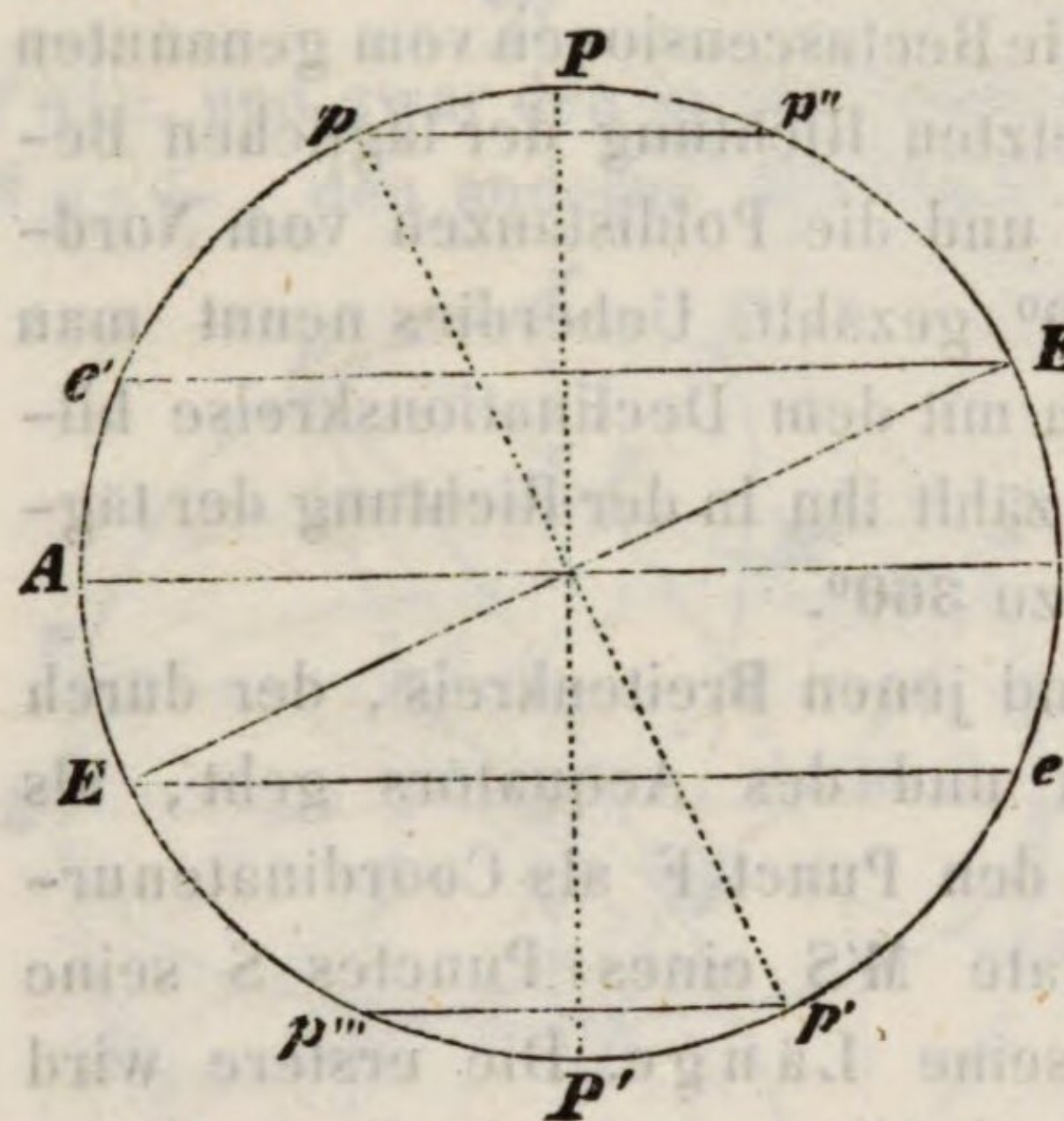
8. Nimmt man den Aequator und jenen Meridian, welcher durch die Durchschnittslinie der Ecliptik und des Aequators geht, als Coordinatenkreise, so wie den einen ihrer Endpunkte F als Coordinatenursprung; so nennt man die Ordinate MS eines Punktes S seine *Declination* (*Abweichung*) und die Abscisse FM seine *Rectascension* (*gerade Aufsteigung*); das Complement PS der Declination heisst die *Poldistanz*. Die Declinationen werden auf- und abwärts vom Aequator, der die Himmelskugel in die nördliche und südliche Halbkugel theilt, nördlich und südlich, d. h. positiv und negativ bis zu 90° , die Rectascensionen vom genannten Punkte aus nach der entgegengesetzten Richtung der täglichen Bewegung der Gestirne bis zu 360° , und die Poldistanzen vom Nordpole gegen den Südpol bis zu 180° gezählt. Ueberdies nennt man den Winkel ZPS , den der Meridian mit dem Declinationskreise bildet, den *Stundenwinkel* und zählt ihn in der Richtung der täglichen Bewegung des Himmels bis zu 360° .

9. Nimmt man die Ecliptik und jenen Breitenkreis, der durch die Durchschnittslinie der Ecliptik und des Aequators geht, als Coordinatenkreise, so wie wieder den Punkt F als Coordinatenursprung; so nennt man die Ordinate $M'S$ eines Punktes S seine *Breite* und die Abscisse FM' seine *Länge*. Die erstere wird nördlich und südlich von der Ecliptik bis zu 90° wie die Declination und letztere wie die Rectascension gezählt. Das Complement pS der Breite nennt man die *Ecliptikpoldistanz*, und zählt sie von dem in der nördlichen Halbkugel gelegenen Ecliptikpol gegen den in der südlichen bis zu 180° . Ueberdies pflegt man die Winkel pSP und SpP , welche ein Breitenkreis mit dem zugehörigen Declinationskreise und dem Meridiane einschliesst, beziehungsweise die *Position* und *Parallaxe* zu nennen.

Die Durchschnittslinie FG der Ecliptik mit dem Aequator nennt man die *Linie der Nachtgleichen* (*Aequinoctien*) und ihre Endpunkte die *Aequinoctialpunkte*, weil, wenn die Sonne sich in einem derselben befindet, auf der ganzen Erde Tag und Nacht gleich sein muss, wie wir später sehen werden. Von ihnen heisst der eine F , in welchem sich die Sonne beim Uebergehen aus der südlichen Halbkugel in die nördliche befindet, der *Früh-*

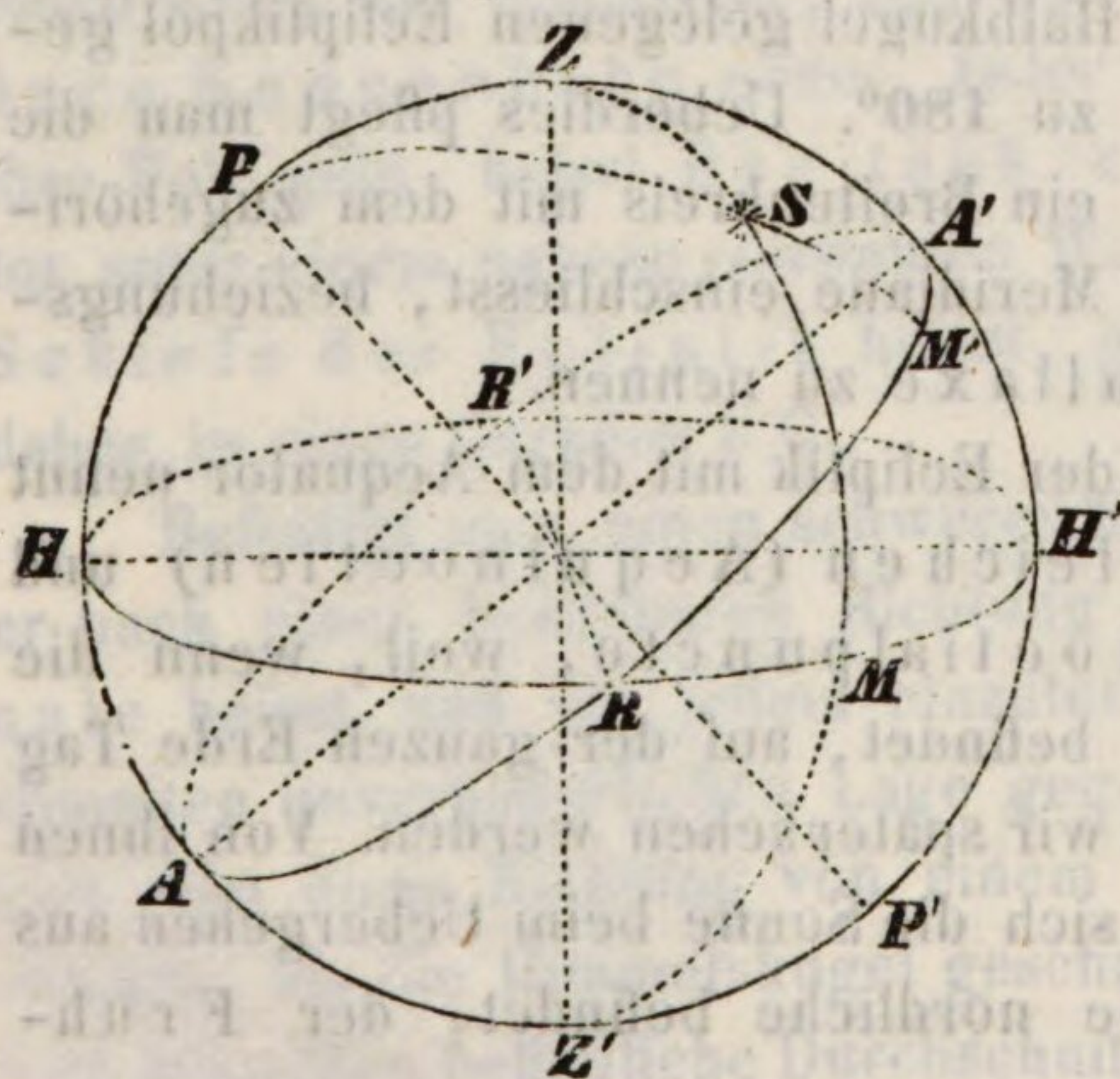
lings- und der andere G der Herbstpunct. Sonach ist der Frühlingspunct der Coordinatenursprung sowohl für das System des Aequators als für jenes der Ecliptik. Der auf der Aequinoctiallinie senkrechte Durchmesser der letztern heisst die Solstitiallinie (Stillstandslinie) und seine Endpunkte nennt man die Wendepuncte, und zwar den in der nördlichen Halbkugel liegenden Sommer-, den andern hingegen den Winter-Wendepunct. Die Meridiane, welche durch diese beiden Durchmesser gezogen werden, heissen Coluren der Aequinoctien und der Solstitien.

Von den zum Aequator parallelen kleineren Kreisen, die überhaupt Parallelkreise heissen, erhalten überdies einige besondere Namen, die sich auf das Gesagte gründen. Diejenigen



e'E' und eE, welche durch die Wendepuncte gehen und somit um die Schiefe der Ecliptik vom Aequator absteilen, heissen Wendekreise, nämlich der e'E' in der nördlichen Halbkugel Wendekreis des Krebses, der eE in der südlichen Wendekreis des Steinbocks. Die pp'' und p'p''', welche durch die Pole der Ecliptik gehen, und sonach von

den Weltpolen um die Schiefe der Ecliptik absteilen, werden der arctische (nördliche) und antarctische (südliche) Polarkreis genannt.



10. Nimmt man endlich den Horizont als Abscissenkreis, so dient derjenige Verticalkreis, welcher zugleich durch die Weltaxe geht, und mithin ein Meridian ist, zum Ordinatenkreise. Dabei heisst die Durchschnittslinie HH' des Meridians mit dem Horizonte die Mittagslinie, und deren dem Nordpol zunächst liegender Endpunct H der Nord-

oder Mitternachts-Punct, der entgegengesetzte H' der Süd- oder Mittags-Punct. Die Durchschnittslinie $R'R$ des Aequators mit dem Horizonte, die sonach auf der Mittagslinie senkrecht steht, wird die Ost-Westlinie, und von ihren Endpunkten der eine R' , welcher rechts liegt, wenn man gegen den Nordpol sieht, der Ost- oder Aufgangs-, der andere R der West- oder Untergangs-Punct genannt.

Zur Bestimmung der Coordinaten eines Punctes S dient der Südpunct H' als Coordinatenursprung und es heisst dessen Abscisse $H'M$, die man in der Richtung der täglichen Bewegung des Himmels bis zu 360° zählt, das Azimuth und die Ordinate MS , die vom Horizonte auf- und abwärts, positiv und negativ gerechnet wird, die Höhe von S . Das Complement ZS der Höhe nennt man die Zenithdistanz, und zählt sie vom Zenithe Z gegen das Nadir Z' bis zu 180° . Sofort heisst HP die Polhöhe und $H'A'$ die Aequatorshöhe für den Punct auf der Erde, dessen Zenith Z ist. Ueberdies nennt man den vom Declinations- und Höhen-Kreise eingeschlossenen Winkel PSZ die Variation.

11. Nachdem wir so diejenigen Begriffe, welche für die weitem Untersuchungen wesentlich sind, aufgestellt haben, wenden wir uns zur Beantwortung der ersten Frage der mathematischen Geographie, was für ein Körper die Erde sei, welche Gestalt sie habe? Indem wir hierbei die mitunter äusserst sonderbaren Meinungen der Alten über diesen Punct gänzlich übergehen, wollen wir zuerst die Ansicht berichtigen, welche uns der erste Eindruck unserer Sinne aufdringt.

Wenn wir um und über uns sehen, so erblicken wir das blaue Himmelsgewölbe mit seinen unzählbaren Gestirnen, die an der innern Oberfläche der hohlen Himmelskugel, innerhalb welcher die Erde sich befindet, in gleichen Entfernungen von uns zu haften scheinen. Die Oberfläche der Erde selbst erscheint uns, die zufälligen Erhöhungen und Vertiefungen abgerechnet, als eine Ebene, die nach allen Richtungen endlos ausgedehnt ist.

Diese Ansicht dringt sich uns als die einfachste bei dem ersten Anschauen auf. Allein schon bei etwas mehr Aufmerksamkeit erkennen wir, dass die Oberfläche der Erde wenigstens nicht eine endlos ausgedehnte Ebene sein könne; denn eben wieder unsere Sinne belehren uns, dass die hohle Kugel mit allen ihren Gestirnen um die Erde sich bewege, indem wir die Sterne auf der einen Seite erscheinen und auf der andern wieder verschwinden sehen. Dabei

erfolgt diese Bewegung immer und an allen Orten, wohin wir uns auch begeben mögen, nach derselben Richtung, was bei einer endlosen Ausdehnung der Erde offenbar nicht möglich wäre. Sofort muss die Erde nach allen Richtungen begrenzt sein, und deshalb ebenso wie die Sonne, der Mond und die Sterne im Raume freischweben. Die Erde ist daher ein im Weltraume freischwebender, nach allen Richtungen begrenzter Körper.

12. Es kann jedoch nur auf dem Wege der Erfahrung und Beobachtung ausgemittelt werden, welche Gestalt der begrenzte Erdkörper habe, oder vielmehr haben müsste, wenn er etwa mit Wasser ganz bedeckt, also ganz Meer wäre, da sonst wegen der vielen unregelmässigen Erhöhungen und Vertiefungen von einer, durch eine mathematische Formel ausdrückbaren Oberfläche wohl keine Rede sein könnte.

Wenn wir aber in diesem Sinne von der Gestalt der Erde sprechen, so unterliegt es keinem Zweifel, dass die Erde nirgends eine ebene Oberfläche habe. Dies zeigt schon die ganz einfache Beobachtung, dass man auf der hohen See, wo doch die freie Aussicht bei heiterer Witterung durch kein Hinderniss beschränkt ist, nur einen verhältnissmässig sehr geringen Theil der Erdoberfläche übersehen kann. Auch auf dem festen Lande macht man an Orten, wo man volle freie Aussicht hat, dieselbe Beobachtung, und es zeigt sich dabei, dass man um so grössere Strecken übersieht, je höher der Standpunct ist, was doch nicht stattfinden könnte, wenn die Erdoberfläche eine Ebene wäre.

Ferner sieht man, wenn man, selbst in einer scheinbar ebenen Gegend, von der Ferne einem Gegenstande sich nähert, anfangs die obersten und erst allmählig die untern Theile desselben; entfernt man sich von ihm, so verschwinden zuerst die untern und dann die obern. So entdeckt z. B. ein an der Meeresküste stehender Zuschauer von einem ankommenden Schiffe zuerst die Masten, und es entschwinden seinen Augen am frühesten dessen unterste Theile, wenn es sich von der Küste entfernt. Schiffer, die auf der hohen See mit ihren Schiffen sich einander nähern oder sich von einander entfernen, machen dieselbe Beobachtung. Alles dies könnte nicht stattfinden, wenn die Erdoberfläche eine Ebene wäre, da jeder Gegenstand, der oder von dem man sich entfernt, in allen seinen Theilen zugleich kleiner werden und endlich als unsichtbarer Punct für das Auge gänzlich verschwinden müsste, wenn er ihm bei gewöhn-

licher Beleuchtung unter einem kleineren Winkel als $\frac{1}{2}$ Minute erschiene. Wie man aus einer einfachen Rechnung erkennt, erscheint ein Gegenstand von 1000 wien. Klft. Höhe erst in der Entfernung von $1718\frac{3}{4}$ österr. Meilen unter diesem Winkel, wesshalb man die Spitzen der höchsten Gebirge auf der ganzen Erde sehen müsste, da die höhern Theile immer die vor ihnen liegenden niederen überragen, und die rückwärtigen verdecken würden, falls die Erdoberfläche eine Ebene wäre. Allein der Reisende findet, dass er selbst niedrigere Berge eher sieht als die bei weitem höheren, wenn er nur den ersteren beträchtlich näher ist, obgleich nicht so nahe, dass die vorliegenden niederen die rückwärtigen höheren verdecken könnten; es kann sie ihm also nur der undurchsichtige Erdkörper selbst entziehen, indem er sie verdeckt. Diese Beobachtungen macht man überall; nirgends stösst man auf Kanten, welche sich, falls die Erde von mehreren Ebenen begrenzt wäre, an deren Grenzen bilden müssten; es ist mithin die Oberfläche der Erde nirgends eine Ebene, sie ist überall gekrümmt.

13. Dies folgt auch unbestreitbar aus den vielen Umschiffungen der Erde, welche ausgezeichnete Seefahrer verschiedener Nationen seit mehr als 350 Jahren unternommen haben. Denn diese segelten fortwährend nach derselben Richtung, entfernten sich daher scheinbar immer mehr von ihren Ausgangspuncten, und kamen doch, ohne die Richtung der Fahrt in die entgegengesetzte verändert zu haben, wieder zu denselben zurück. Dabei stiessen sie nie an ein Ende, an einen Rand der Erde, was doch, wie bereits gesagt, sein müsste, wenn selbe ein von Ebenen begrenzter Körper wäre.

Dasselbe zeigt auch die Beobachtung, die ein Reisender an den Gestirnen machen kann. Zum bessern Verständnisse derselben wollen wir zuvor noch bemerken, dass derjenige Theil der Weltaxe, welcher in dem begrenzten Erdkörper liegt, die *Erdaxe*, und deren Endpuncte auf denselben Seiten, wie am Himmel, der *Nord-* und *Süd-Pol* genannt werden, so wie die darauf senkrechte Richtung *Ost* und *West* zeigt. Reiset nun Jemand von Süd nach Nord oder umgekehrt, so werden ihm gewisse Sterne immer niedriger am Himmel stehend erscheinen, und hierauf ganz verschwinden, während neue, die er früher nicht sah, zum Vorschein kommen und sich allmählig immer mehr und mehr am Himmel erheben. Dies könnte nun wieder nicht stattfinden, wenn die Erdoberfläche eine Ebene wäre, da man in diesem Falle zu derselben Zeit allerorts dieselben Sterne sehen müsste.

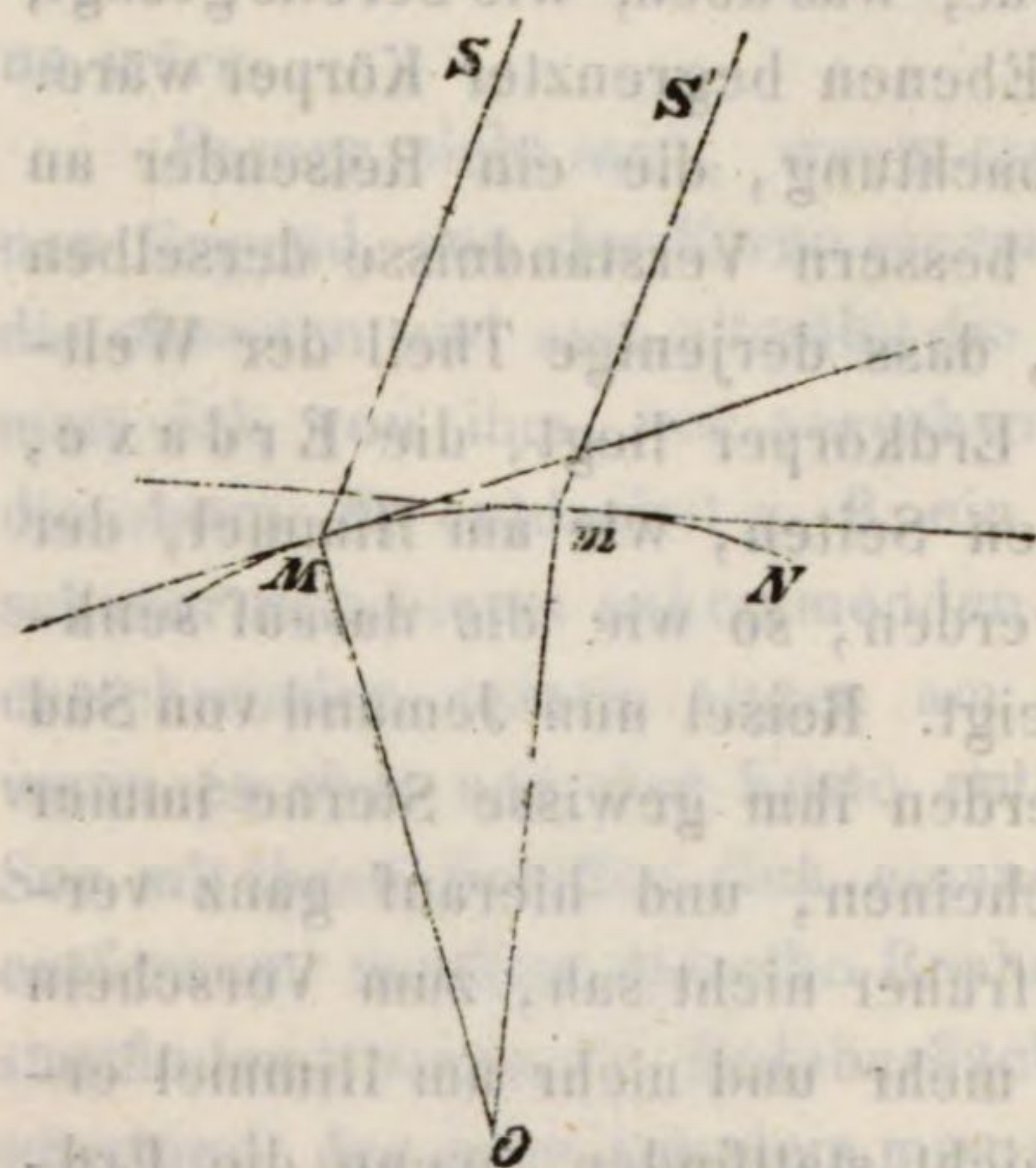
Dem Gesagten zufolge ist daher die Erde ein im Weltraume frei schwebender, nach allen Richtungen von krummen Flächen begrenzter Körper.

14. Von welcher Art die Krümmung der Erdoberfläche sei, entscheiden weitere Beobachtungen.

Behält der von Süd nach Nord Reisende irgend einen Stern, etwa den Polarstern, im Auge, so wird er ihn in demselben Verhältnisse, als er gegen Nord vorrückt, sich erheben sehen. Wir wollen annehmen, er habe sich von Wien über Schweidnitz nach Calmar begeben. Hatte er zu Wien mittels eines Winkelinstrumentes die Höhe des Polarsternes zur Zeit, wann er am höchsten und tiefsten steht, gemessen, so fand er, dass ihr arithmetisches Mittel ungefähr $48^{\circ} 12\frac{1}{2}'$ betrage. That er dasselbe unter den nämlichen Umständen zu Schweidnitz und Calmar, so fand er beziehlich $50^{\circ} 50\frac{1}{2}'$ und $56^{\circ} 40'$ als beiläufiges Resultat. Dabei wird er bemerken, dass die Unterschiede dieser Winkel den gegenseitigen Entfernungen direct proportional seien; denn da Wien in der Richtung von Süd nach Nord ungefähr 40 Meilen von Schweidnitz, Schweidnitz dagegen bei 88 Meilen von Calmar entfernt ist, so hat man in der That

$$\frac{2^{\circ} 38'}{5^{\circ} 49\frac{1}{2}'} = \frac{316}{699} = \frac{1}{2.21}, \text{ oder nahezu}$$

$$= \frac{40}{88} = \frac{1}{2.2}.$$



Diese Proportionalität kann nur bestehen, wenn die Curve in der Richtung von Süd nach Nord eine Kreislinie ist. Denn ist allgemein MN diese Curve, von der ein unendlich kleiner Theil $Mm = \sigma$ als Kreis vom Halbmesser (Krümmungshalbmesser) $MO = mO = \rho$ gedacht werden kann, und φ der Winkel MOm , den die Halbmesser MO , mO bei O bilden, so ist

$$\sigma = \rho \varphi, \text{ oder}$$

$$\frac{\sigma}{\varphi} = \rho.$$

Es ist aber, wenn a eine Constante bezeichnet, der Beobachtung gemäss, da φ die Differenz der beobachteten Winkel angibt,

$$\frac{\sigma}{\varphi} = a, \text{ mithin} \\ \rho = a;$$

d. h. MN hat überall dieselbe Krümmung, und ist sofort ein Kreisbogen.

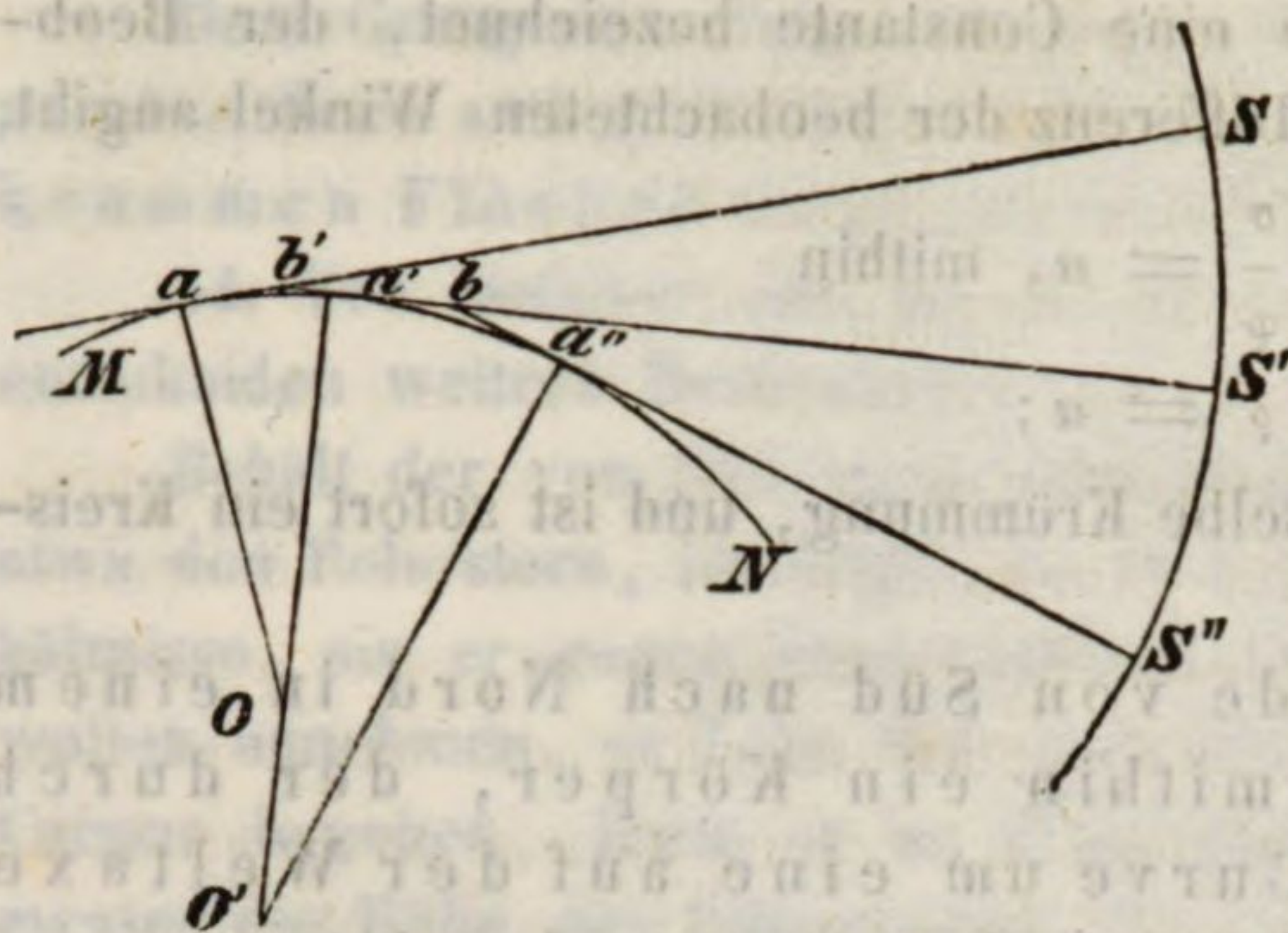
Sonach ist die Erde von Süd nach Nord in einem Kreise gekrümmt, mithin ein Körper, der durch Umdrehung einer Curve um eine auf der Weltaxe senkrecht stehende Gerade entstanden ist.

Diese Curve kann aber nur ein Halbkreis sein, da man die angeführte Beobachtung an allen Orten der Erde in der Richtung von Süd nach Nord macht; mithin ist die Erde eine Kugel.

Dieser Beweis wird jedoch noch durch eine andere ähnliche Beobachtung unterstützt, welche für sich abermals die Kugelgestalt der Erde ausspricht. Diese Beobachtung macht ein von West nach Ost Reisender; er findet, dass die Gestirne in demselben Verhältnisse, als er gegen Ost vorrückt, früher aufgehen, oder was dasselbe ist: dass, wenn er mit einer guten Uhr versehen ist, diese gegen die Uhren in den erreichten Oertern immer mehr und mehr zu spät gehe, und dabei die bemerkten Zeitunterschiede den ostwärts zurückgelegten Wegen direct proportional seien. Wir wollen annehmen, er sei von Antwerpen über Düsseldorf nach Liegnitz gereist. War seine Uhr in Antwerpen genau gerichtet, so findet er, dass sie zu Düsseldorf etwa um $9\frac{1}{2}$, und zu Liegnitz um 45 Minuten gegen die genauen Uhren daselbst zu spät zeige. Nun ist in der Richtung von West nach Ost Antwerpen von Düsseldorf bei $35\frac{1}{2}$, und von Liegnitz bei $168\frac{3}{4}$ Meilen entfernt; man hat daher in der That

$$\frac{9\frac{1}{2}'}{45'} = \frac{19}{90} = \frac{1}{4.74}, \text{ oder nahezu} \\ = \frac{35\frac{1}{2}}{168\frac{3}{4}} = \frac{1}{4.75}.$$

Diese Proportionalität kann aber wieder nur stattfinden, wenn die Erde in der besprochenen Richtung nach einer Kreislinie gekrümmt ist. Denn ist allgemein MN die Curve in der Richtung von West nach Ost, und liegen die Oerter a , a' , a'' auf ihr unendlich nahe



an einander; so kann die Sonne S , welche sich scheinbar in 24 Stunden einmal und gleichförmig um die Erde bewegt, wenn sie eben in S'' für den Ort a'' sichtbar wird, für a' erst nach der Zeit t , wenn sie den Bogen $S''S'$, der durch die zur Curve gezogenen Tangenten $a''S$ und $a'S'$ bestimmt wird, und für a erst nach der weitem Zeit t' , wenn sie von S' nach S gekommen, sichtbar werden. Da sie aber in gleichen Zeiten gleiche Wege zurücklegt; so ist

$$\frac{t}{t'} = \frac{S''S'}{S'S},$$

oder, da man wegen der unendlich kleinen Entfernungen aa' , $a'a''$ und der ungemein grossen der Sonne von der Erde

$$bS'' = bS' = b'S' = b'S$$

setzen darf, und

$$S''S' = bS''. \quad S''bS' = bS''.\alpha,$$

$$S'S = b'S'. \quad S'b'S = b'S'.\alpha'$$

ist,

$$\frac{t}{t'} = \frac{\alpha}{\alpha'}.$$

Betrachten wir aa' als unendlich kleinen Kreisbogen vom Halbmesser $aO = Oa' = \rho'$, und $a'a''$ als einen eben solchen vom Halbmesser $a'O' = O'a'' = \rho$; so ist, da die Schenkel gegenseitig auf einander senkrecht stehen,

$$\alpha = \alpha'O'a'', \quad \alpha' = \alpha'Oa'$$

und sofort zufolge der Beobachtung

$$\frac{t}{t'} = \frac{a''a'}{a'a} = \frac{\alpha.\rho}{\alpha'.\rho'}, \quad \text{mithin}$$

$$\rho = \rho';$$

d. h. die Halbmesser aller Elemente der Curve MN sind einander gleich, und diese ist daher eine Kreislinie, oder die Erde ist auch nach der Richtung Ost-West kreisförmig gekrümmt, und deshalb ein Körper, der durch die Umdrehung einer Curve um die Erdaxe entstanden ist. Da dies

Alles wieder an jedem Orte gegen den andern in der besagten Richtung beobachtet wird; so muss die Erde eine Kugel sein.

Obwohl auf diese Weise aus jeder einzelnen der zwei angeführten Beobachtungen auf die Kugelgestalt der Erde geschlossen werden kann; so gibt doch die Verbindung der Resultate beider einen neuen verstärkten Beweis für die ausgesprochene Behauptung. Da jedoch so grosse Entfernungen, welche diese Beobachtungen voraussetzen, auf der Erde nicht mathematisch genau gemessen und mithin die sich darauf stützenden Proportionalitäten nicht in aller Schärfe erschlossen werden können; so darf man auch nur behaupten, dass die Erde, falls sie nicht genau eine Kugel ist, nur wenig von der Kugelform abweichen könne.

15. Wenn gleich das Gesagte genügt, der Erde eine kugelähnliche Gestalt zuzuerkennen, so sprechen doch noch andere Beobachtungen dafür. Wir wollen aber nur noch bemerklich machen, dass die Analogie mit andern Himmelskörpern und die Mondesfinsternisse dahin gehören.

Als Galilei das Fernrohr erfunden hatte, konnte man an mehreren Gestirnen die Kugelgestalt erkennen, welche man mit unbewaffnetem Auge schon an der Sonne und dem Monde bemerkt hatte. Da, wie wir sehen werden, die Erde gerade mit diesen ein ganz gleiches Verhalten zeigt, so ist man zu dem Schlusse berechtigt, dass auch sie die Kugelgestalt habe.

Diesen Schluss gestatten auch die Mondesfinsternisse, welche entstehen, wenn der Mond in den Schatten tritt, den die von der Sonne beleuchtete Erde hinter sich wirft. In allen Lagen der Erde, welche, wie wir zeigen werden, sich täglich einmal um die Erdaxe bewegt, zeigt sich die Grenze des Erdschattens auf der kugelförmigen Oberfläche des Mondes kreisrund. Da sich dabei die Erde immer sehr nahe in derjenigen Ebene befindet, in welcher der Schnitt des Mondkugelsegmentes durch eine Ebene sich als Gerade darstellen müsste, und überdies die Mondesfinsternisse häufig über vier Stunden dauern, während welcher Zeit sich der sechste Theil des Erdumfanges um die Axe dreht; so muss die Erde, da diese Beobachtung bei allen Mondesfinsternissen gemacht wurde, die Kugelgestalt besitzen, wenn auch die Schattengrenzen, wie es in der Natur der Sache liegt, nicht sattsam scharf hervortreten können.

16. Wir dürfen sofort die Erde als Kugel betrachten, und die Punkte auf ihr können in ihrer Lage, sowohl für sich als gegen ein-

ander, eben so bestimmt werden, wie bei der Himmelskugel. Jedoch pflegt man dabei nur ein System grösster Kreise als Coordinatenkreise zu nehmen, nämlich den Erd-Aequator mit irgend einem Erd-Meridian, worunter die von den Ebenen des Himmels-Aequators und entsprechenden Meridians auf der Erdkugel gebildeten grössten Kreise verstanden werden. Die Wahl des Meridians als fixen oder ersten ist völlig willkürlich. Die Engländer nehmen den durch die Sternwarte von *Greenwich*, die Franzosen den durch die von *Paris*, und die Astronomen anderer Nationen den durch ihre Hauptsternwarten gelegten Meridian dafür an. Auf Befehl Ludwigs XIII. wurde der durch die Ostküste der *canarischen Insel Ferro* gedachte als erster erklärt. Nach der Bestimmung von *de l'Isle* sollte *Ferro* genau 20° westlich von *Paris* liegen, was aber unrichtig ist, und es fällt, da man an der *de l'Isle'schen* Bestimmung festhielt, der erste Meridian zwischen die *canarischen* und *azorischen* Inseln. Deshalb ist im Grunde der *Pariser* Meridian der fixe, da man gegenwärtig noch gewöhnlich von dem durch *Ferro* zählt.

Die Ordinate eines Punctes auf der Erde in Bezug auf die genannten Coordinatenkreise heisst die geographische Breite, die Abscisse die geographische Länge. Die erstere wird wie die Declination, die letztere wie die Rectascension bis zu 360° oder auch vom Ursprunge aus östlich (positiv) und westlich (negativ) bis zu 180° gezählt, so dass es also eine östliche und westliche geographische Länge, so wie eine nördliche und südliche Breite gibt.

Die Benennungen Breite und Länge sind aus der alten Geographie in die neue übergegangen und aus der damaligen Vorstellung von der Gestalt der Erde entstanden, da man sich selbe nach der Ostwestlinie mehr ausgedehnt dachte als nach der Mittagslinie.

Dass übrigens die geographische Breite mit der Polhöhe identisch sei, ist leicht einzusehen; denn ist (2. Fig. S. 8) A'Z die geographische Breite für den Erdort, dessen Zenith Z und Horizont HH' ist, und HP die Polhöhe; so hat man

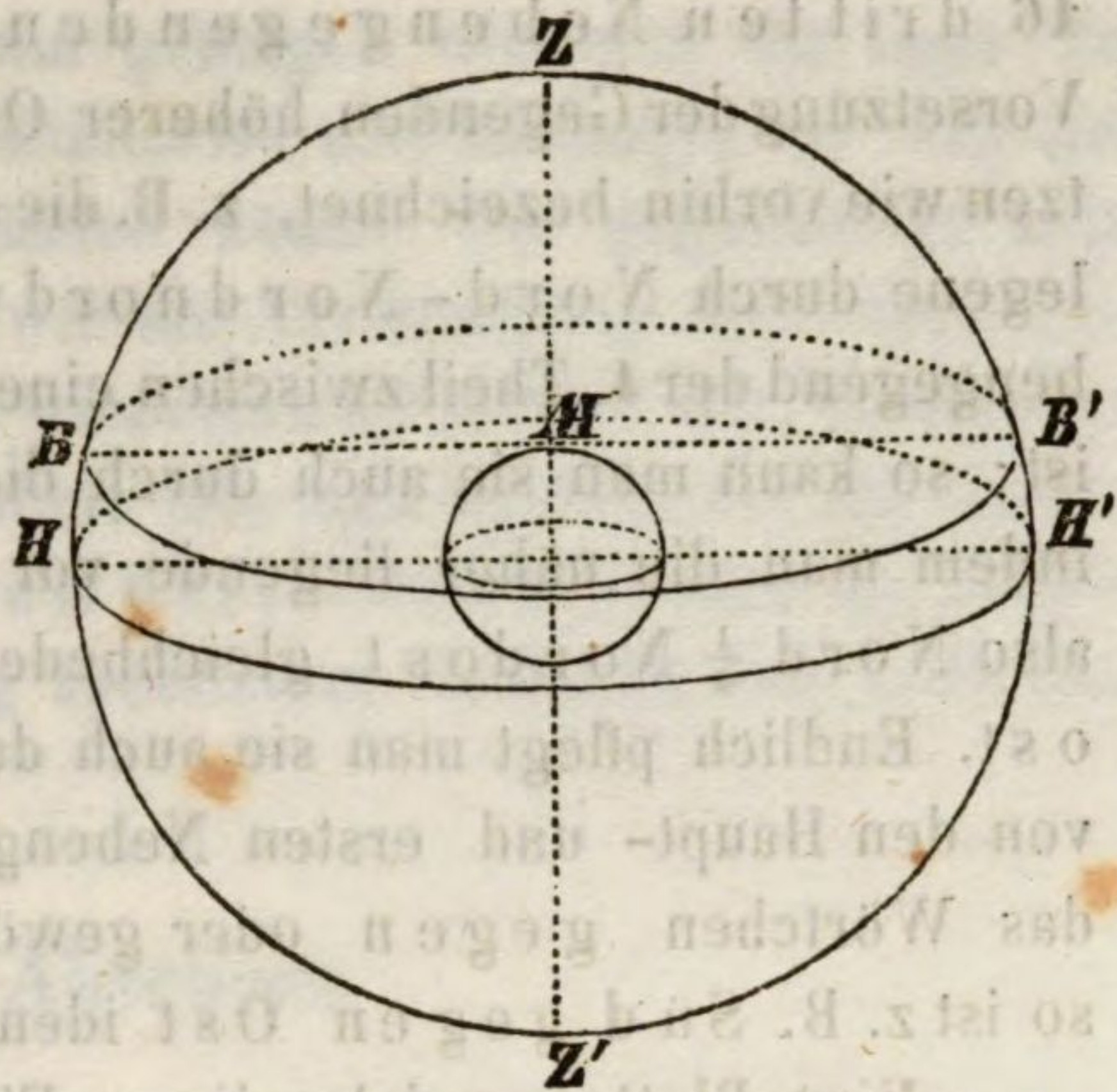
$$A'Z + ZP = 90^{\circ} = ZP + PH, \text{ also}$$

$$A'Z = PH.$$

Wir können sonach diese beiden Ausdrücke beliebig mit einander verwechseln.

17. Zu dieser eigentlichen geographischen Ortsbestimmung tritt noch die Orientirung mittels des astronomischen oder wahren Horizontes, worunter man (nach 7) den grössten Kreis

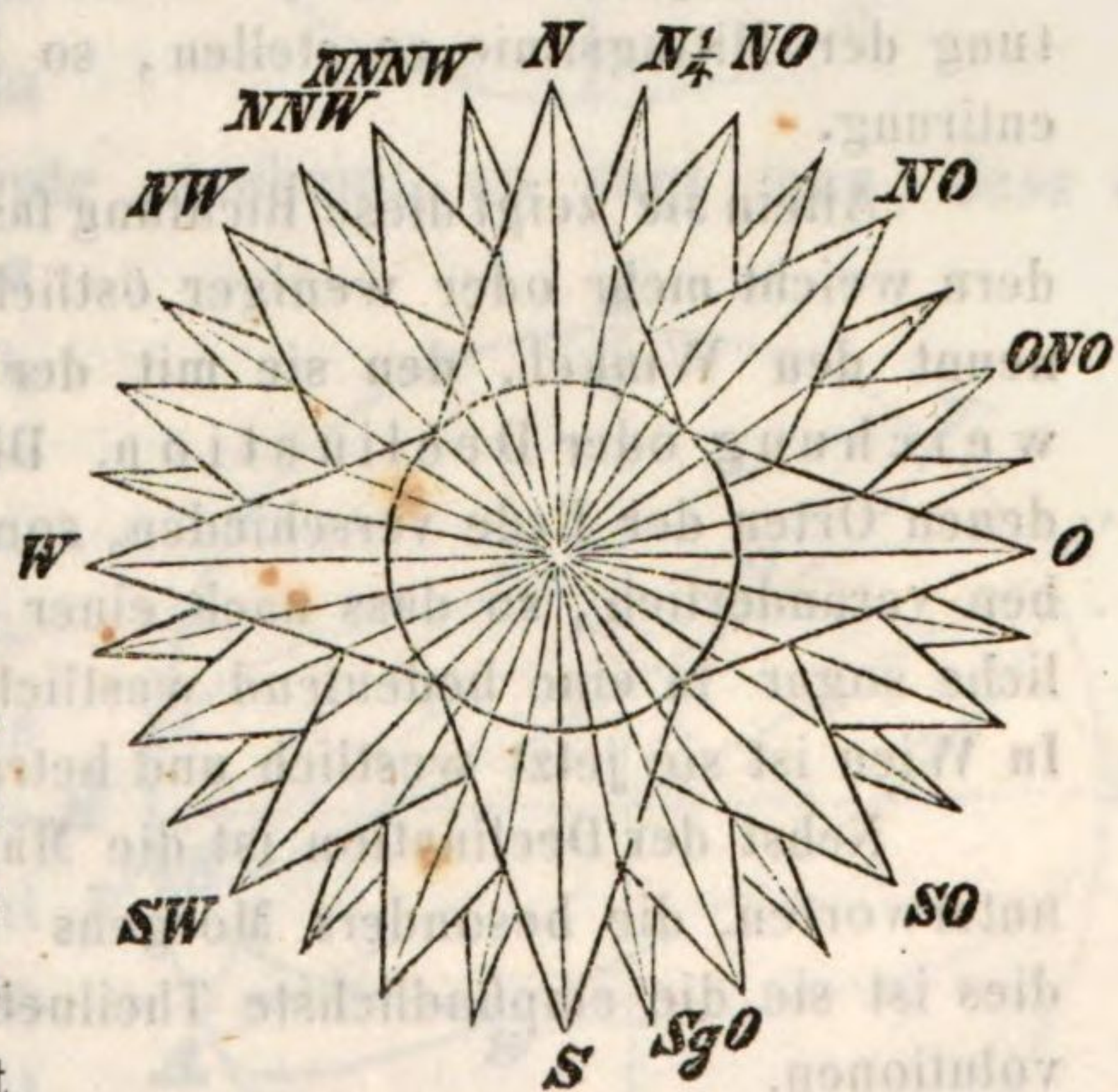
HH' versteht, der das Zenith Z und Nadir Z' eines Ortes M der Erde zu seinen Polen hat, und den wir (nach 10) durch den Nord-, Ost-, Süd- und West-Punct, welche die vier Cardinalpuncte oder Weltgegenden heissen, in vier Quadranten abgetheilt haben. Er ist von dem scheinbaren Horizonte BB' oder dem Gesichtskreise des Or-



tes M zu unterscheiden, da dieser ein zu HH' durch M parallel gelegter Kreis ist. Weil aber einerseits gewisse Beobachtungen, welche an den verschiedenen Orten gemacht werden, auf den Mittelpunkt der Erde bezogen werden müssen, um sie vergleichen zu können und andererseits der Erdhalbmesser als unendlich klein (als ein Punct), wenigstens gegen die Entfernungen der Fixsterne, bei anderen betrachtet werden kann; so haben wir es nur mit dem wahren Horizonte zu thun.

Jeden der vier Quadranten theilt man wieder in zwei gleiche Theile, wodurch vier neue Puncte entstehen, welche die vier ersten Nebengegenden heissen und dadurch bezeichnet werden, dass man ihre Benennungen aus den beiden anliegenden Hauptgegenden zusammensetzt, wobei die Puncte der Mittagslinie vorzustehen kommen. So heisst z. B. die zwischen Ost und Nord liegende Richtung Nordost.

Jeder Octant, abermals in zwei gleiche Theile getheilt, gibt die acht zweiten Nebengegenden. Ihre Benennungen werden durch die Verbindung der Haupt- und ersten Nebengegenden, indem man die erstern vorsetzt, gebildet. So heisst z. B. Ost - Nordost die Gegend zwischen Ost und Nordost.



Jeder solche 16. Theil wird neuerdings halbiert, wodurch sich die

16 dritten Nebengegenden ergeben. Sie werden unter steter Vorsetzung der Gegenden höherer Ordnung nach denselben Grundsätzen wie vorhin bezeichnet, z. B. die an Nord gegen West zunächst gelegene durch Nord-Nordnordwest. Da ferner jede dritte Nebengegend der 4. Theil zwischen einer Haupt- und ersten Nebengegend ist; so kann man sie auch durch die Verbindung dieser bezeichnen, indem man die näher liegende vor und $\frac{1}{4}$ dazwischen setzt; es ist also Nord $\frac{1}{4}$ Nordost gleichbedeutend mit Nord-Nordnordost. Endlich pflegt man sie auch dadurch zu bezeichnen, dass man von den Haupt- und ersten Nebengegenden die Namen nimmt und das Wörtchen gegen oder gewöhnlicher gen dazwischen setzt; so ist z. B. Süd gegen Ost identisch mit Süd-Südsüdost.

Eine Platte, welche diese Eintheilung des Horizonts in 32 gleiche Theile enthält, heisst Windrose.

Anmerkung. Es ist jedoch bequemer, sich stets nur an die Cardinalpunkte zu halten und die Zwischenazimuthe in Graden des Quadranten anzugeben, wobei Nord und Süd, von wo aus man rechnet, wieder voraussetzen.

Sonach wird z. B. Nord gegen Ost identisch mit $N 11\frac{1}{4}^{\circ} O$. Welche Benennungen man auch wählen mag, die Eintheilung des Horizonts bleibt für die Schifffahrer immer wesentlich, damit sie sich bei Tage und bewölktem Himmel, wo sie der leitenden Gestirne entbehren, orientiren und überhaupt jederzeit die Richtung des Windes beobachten können. Das Instrument, dessen sie sich bedienen und das die Eintheilung enthält, ist ein zinnernes oder silbernes Schälchen, und heisst Compass. Es hat in der Mitte einen verticalen Stift, um die Magnetnadel aufzunehmen, welche mit einer kleinen Vertiefung (Hütchen) versehen ist. Da die Magnetnadel die Eigenschaft hat, wenn sie frei schwebt, sich nach der Richtung der Mittagslinie zu stellen, so hat man hierdurch die nöthige Orientirung.

Allein sie zeigt diese Richtung fast nirgends vollkommen genau, sondern weicht mehr oder weniger östlich oder westlich davon ab und man nennt den Winkel, den sie mit der Mittagslinie einschliesst, ihre Abweichung oder Declination. Diese ist nicht nur an den verschiedenen Orten der Erde verschieden, sondern sogar an einem und demselben veränderlich, so dass nach einer Anzahl Jahre eine bedeutend östliche sogar in eine bedeutend westliche und umgekehrt übergehen kann. In Wien ist sie jetzt westlich und beträgt bei 15° .

Nebst der Declination ist die Magnetnadel täglichen Schwingungen unterworfen, die besonders Morgens und Nachmittags eintreten. Ueberdies ist sie die empfindlichste Theilnehmerin an den geringsten Naturrevolutionen.

Kennt man die Abweichung der Magnetnadel der Qualität und Quantität nach, so kennt man auch die Richtung der Mittagslinie.

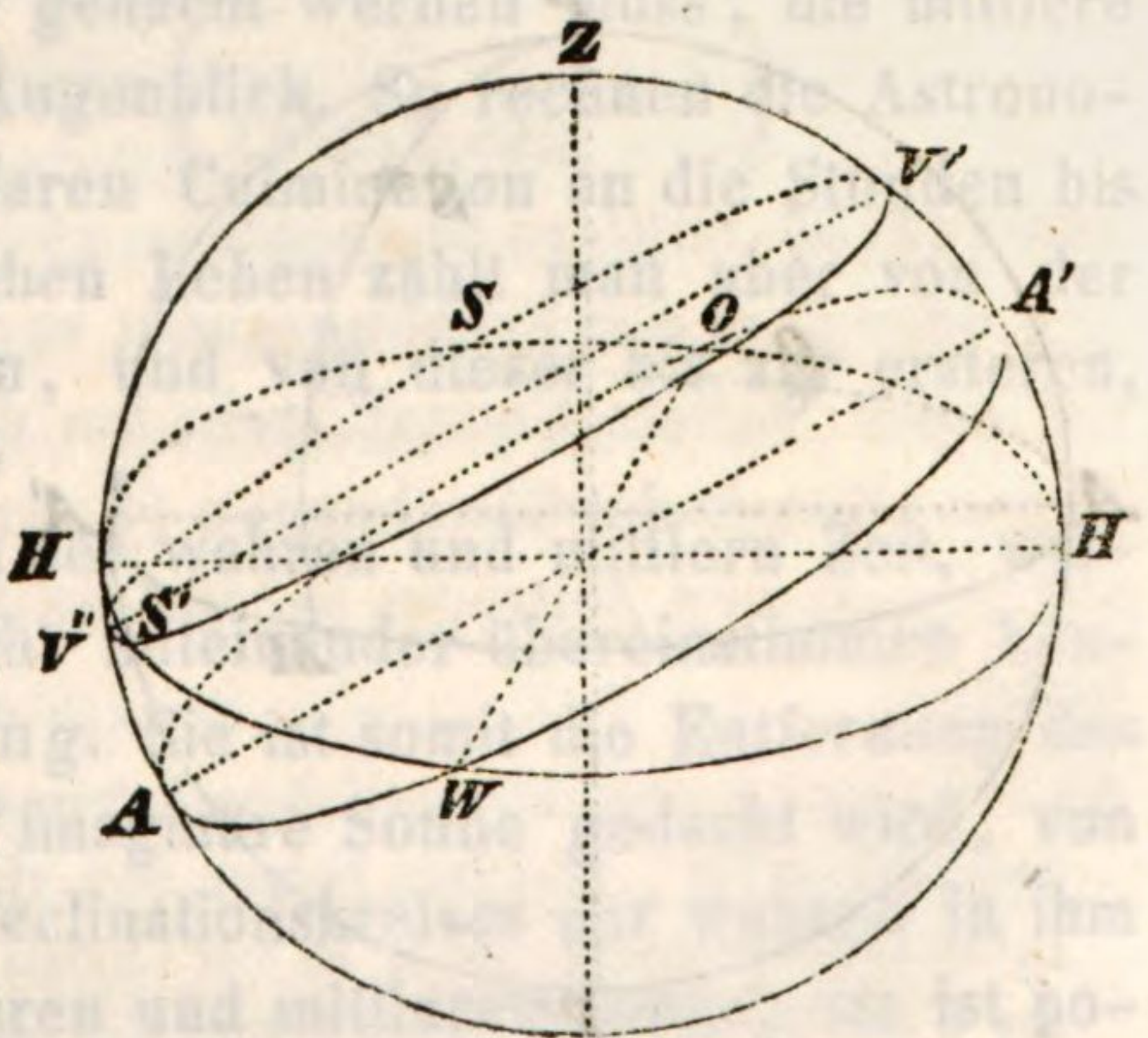
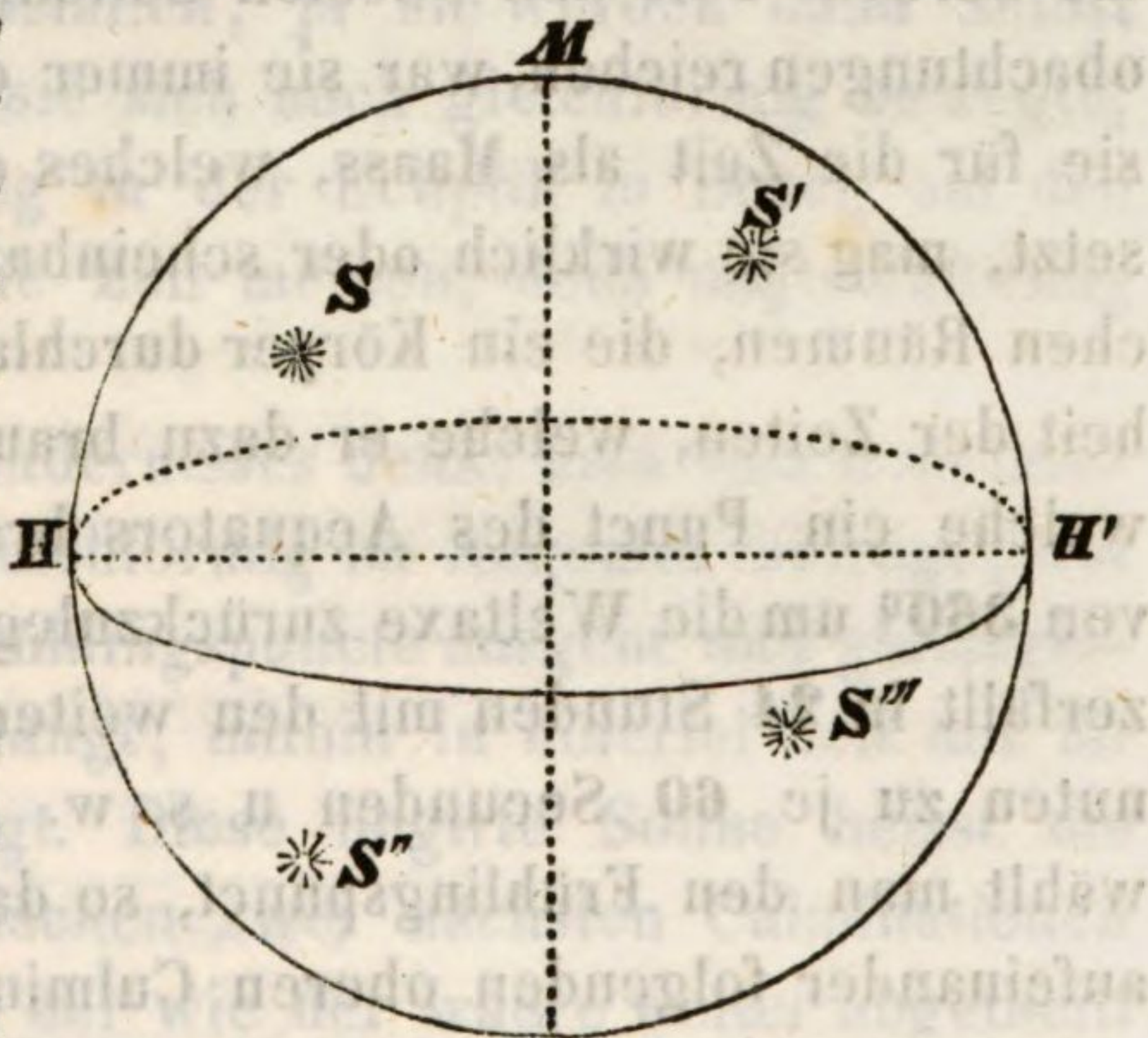
18. Bis jetzt haben wir nur gezeigt, wie man die Lage der Punkte auf der Oberfläche der Himmels- und Erdkugel für sich gegen bestimmte fixe Ebenen finden könne. Die gegenseitige Lage der Punkte unter einander, so wie die Verwandlung der einen Coordinatengattung in eine andere, wenn man die Schiefe der Ecliptik und die Polhöhe kennt, lässt sich aber, wie man ohnehin ersieht, mittels der sphärischen Trigonometrie finden, so dass die folgenden Probleme auf die Lösung sphärischer Dreiecke sich reduciren.

II. Abschnitt.

Zeit, Jahres- und Tageszeiten, Dämmerung.

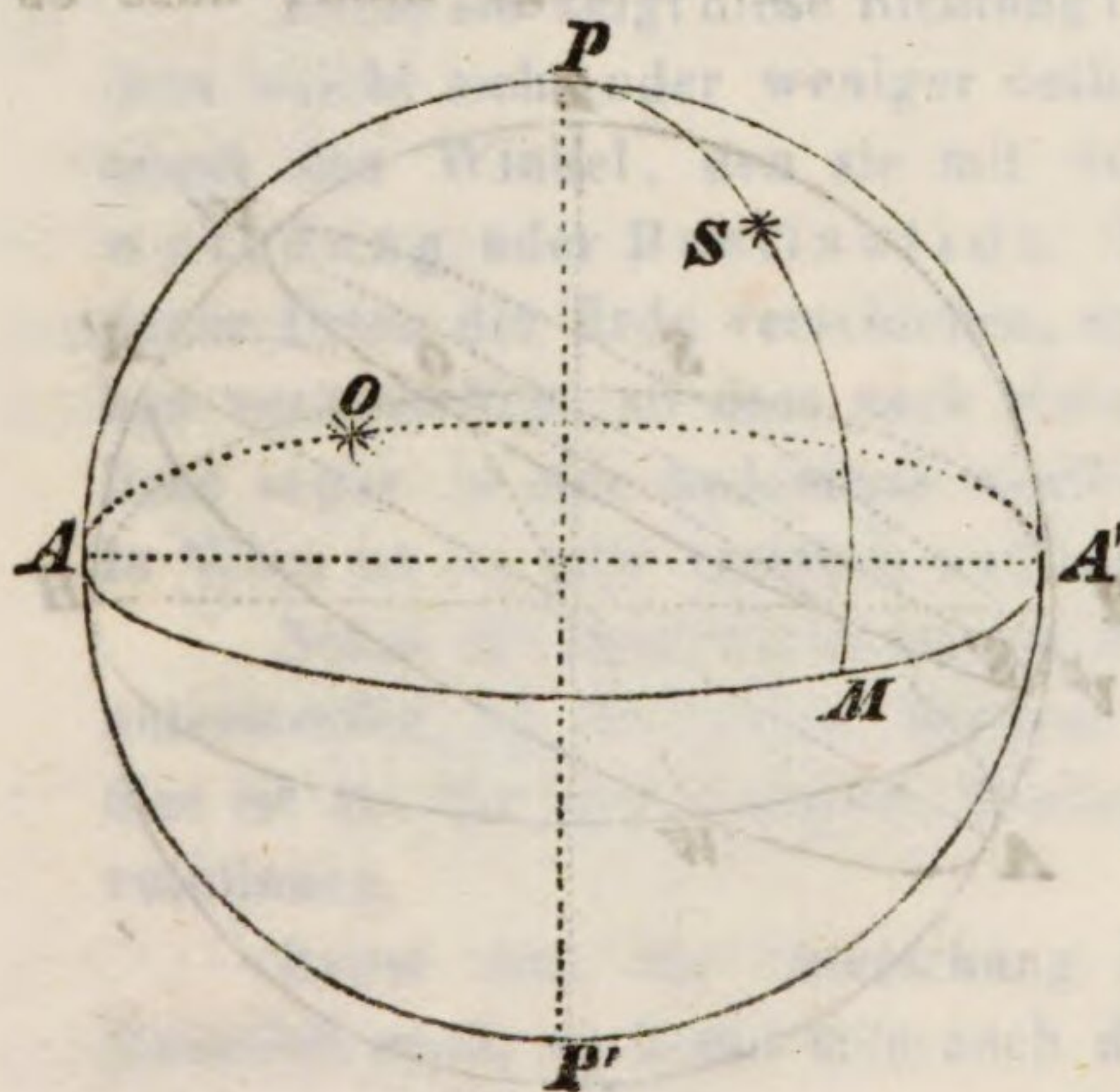
19. Der wahre Horizont theilt das Himmelsgewölbe in die sichtbare und unsichtbare Halbkugel; denn für den Ort M werden nur jene Punkte S, S' , welche über seinem Horizonte liegen, sichtbar sein, dagegen jene S'', S''' , welche unter demselben sich befinden, von M aus nicht gesehen werden können.

Wie die tägliche Erfahrung zeigt, bewegen sich alle Gestirne von Ost gegen West um die Weltaxe in zum Aequator parallelen Kreisen. Wenn ein Gestirn S eben im Horizonte erscheint, so sagt man, dass es aufgehe. Es erhebt sich dann immer mehr über den Horizont, bis es in V' , wo es in den Meridian tritt, die grösste Höhe erreicht; man nennt einen solchen Durchgang des Gestirnes durch den Meridian seine *Culmination*. Hierauf nimmt die Höhe wieder ab, wird in S' Null, oder das Gestirn geht unter und culminirt in V'' zum zweiten Male. Von den



Culminationen heisst die eine die obere, nämlich die zwischen dem Horizonte und Zenith, die andere, zwischen dem Horizont und Nadir, die untere. Gestirne, bei welchen beide Culminationen sichtbar sind, heissen Circumpolarsterne und es erfolgt bei ihnen die obere Culmination zwischen dem Pole und Zenith, die untere zwischen dem Pole und Horizont. Jedes andere Gestirn ist nur auf dem Wege von S über V' bis S' sichtbar, dagegen von S' über V'' bis S unsichtbar. Deshalb nennt man den Bogen S V' S' den Tagbogen, S' V'' S aber den Nachtbogen. Die Entfernungen S O, S' W des auf- und untergehenden Gestirnes vom wahren Ost- oder Westpuncte, worunter man den Auf- und Untergangspunct eines im Aequator befindlichen Punctes versteht, heissen Morgen- und Abendweite.

20. Die eben erklärte Bewegung ist eine völlig gleichförmige, d. h. jeder Punct des Himmels legt in gleichen Zeiten gleiche Räume zurück. Seit den ältesten Zeiten, bis wohin überhaupt die Beobachtungen reichen, war sie immer dieselbe. Eben desswegen dient sie für die Zeit als Maass, welches eine solche Bewegung voraussetzt, mag sie wirklich oder scheinbar sein, indem wir von den gleichen Räumen, die ein Körper durchlaufen hat, auch auf die Gleichheit der Zeiten, welche er dazu brauchte, schliessen. Die Zeit nun, welche ein Punct des Aequators braucht, um den ganzen Umkreis von 360° um die Weltaxe zurückzulegen, heisst ein Sterntag und zerfällt in 24 Stunden mit den weitem Unterabtheilungen in 60 Minuten zu je 60 Secunden u. s. w. Als solchen Punct im Aequator wählt man den Frühlingspunct, so dass also die Zeit zwischen zwei aufeinander folgenden oberen Culminationen desselben ein Sterntag und jede Zeit sein eben in diesem Augenblicke statt-



findender Stundenwinkel ist, wobei jeder Stunde 15 Grade, also einer Zeitminute 15 Raumminuten u. s. w. entsprechen und die Stunden bis 24 gezählt werden.

Ist O der Frühlingspunct, also $A' M A O = t$ die eben stattfindende Zeit und S ein Gestirn, dessen Stundenwinkel $A' P M = s$ und Rectascension $O A M = \alpha$ ist, so hat man offenbar

$$(1) \quad t = \alpha + s.$$

Culminirt aber das Gestirn, so ist $s=0$ und

$$(2) \quad t = \alpha;$$

d. h. die Culminationszeit eines jeden Gestirnes gleicht seiner Rectascension für eben diese Zeit.

Die so bestimmte Zeit wäre allerdings für die Bedürfnisse der Beobachtungen hinreichend, allein nicht für die des bürgerlichen Lebens, das nach dem Erscheinen und Verschwinden der Sonne, welche die Tages- und Jahreszeiten bestimmt, geordnet ist. Somit ist diese die natürlichste Zählerin der Zeit, und man nennt die Zeit zwischen zwei aufeinander folgenden Culminationen derselben den wahren Sonnentag, der wieder in Stunden, Minuten, Secunden u. s. w. abgetheilt wird.

Allein die Sonne bewegt sich ungleichförmig von West gegen Ost in der Ecliptik und es würden, wollte man nach ihr die Zeit messen, die Tage ungleich ausfallen, ja sie würden dann selbst noch ungleich ausfallen, wenn sie sich auch gleichförmig bewegte, da eine gleichförmige Bewegung in der Ecliptik in Bezug auf den Aequator, nach welchem wir die Zeit messen, doch ungleichförmig erscheinen würde.

Zur Beseitigung dieses Hindernisses denkt man sich eine imaginäre Sonne, welche sich gleichförmig im Aequator bewegt, mit der wahren gleichzeitig vom Frühlingspuncte ausgeht und gleichzeitig mit ihr daselbst wieder anlangt, mithin in einerlei Zeit mit ihr den ganzen Umkreis zurücklegt. Diese fingirte Sonne heisst die mittlere und die Dauer zwischen zwei nächsten Culminationen der mittlere Sonnentag, der wie der wahre weiter abgetheilt wird. Sofort ist der Stundenwinkel desjenigen Punctes im Aequator, wo die mittlere Sonne gerade gedacht werden muss, die mittlere Sonnenzeit für den fraglichen Augenblick. So rechnen die Astronomen, indem sie von der sichtbaren Culmination an die Stunden bis zu 24 fortzählen; im bürgerlichen Leben zählt man aber von der unsichtbaren bis zur sichtbaren, und von dieser bis zur ersteren, also immer bis zu 12 Stunden.

Der Unterschied zwischen der wahren und mittlern Zeit, welche dem Gesagten zufolge nicht miteinander übereinstimmen können, heisst die Zeitgleichung. Sie ist somit die Entfernung des Punctes im Aequator, wo die imaginäre Sonne gedacht wird, von dem Durchschnittspuncte des Declinationskreises der wahren in ihm oder der Stundenwinkel der wahren und mittleren Sonne; sie ist po-

sitiv oder negativ, je nachdem die wahre der mittleren voreilt oder hinter ihr bleibt. Bezeichnet T' die wahre, T die mittlere Sonnenzeit, α' die Rectascension der wahren und α die der mittleren Sonne; so ist

$$(3) \quad T' = T - \frac{1}{15} (\alpha' - \alpha),$$

weil α und α' in Graden angegeben werden; es ist sonach

$$(4) \quad \zeta = \frac{1}{15} (\alpha' - \alpha)$$

die Zeitgleichung. Sie ist viermal, nämlich am 15. April, 15. Juni, 1. September und 25. December Null, erreicht am 11. Februar und 4. November das Maximum und Minimum im Betrage von nahezu einer Viertelstunde.

Die Zeit, welche die wahre oder mittlere Sonne braucht, um in ihrer Bahn wieder zum Frühlingspuncte zurückzukehren, heisst das bürgerliche oder tropische Jahr und beträgt **365·242255** mittlere Tage, wesshalb die Rectascension der mittleren Sonne täg-

lich um $\frac{360^\circ}{365\cdot242255} = 0\cdot9856472^\circ$ oder in Zeit um **0·0027379** Tage

zunimmt. Um eben so viel wird die mittlere Sonne, wenn sie an einem Tage mit dem Frühlingspuncte zugleich culminirte, am folgenden im Augenblicke der zweiten Culmination östlicher stehen, also ist, wenn durch T ein mittlerer Sonnentag und durch t ein Sterntag bezeichnet wird,

$$(5) \quad T = 1\cdot0027379 t \quad \text{und}$$

$$(6) \quad t = \frac{T}{1\cdot0027379} = 0\cdot9972696 T;$$

sofort beträgt der mittlere Sonnentag **24 St. 3' 56·555"** Sternzeit und der Sterntag **23 St. 56' 4·093"** mittlerer Zeit. Hieraus folgt, dass wegen

$$\left(1 + \frac{1}{365\cdot242255}\right) 365\cdot242255 = 366\cdot242255$$

365·242255 mittlere Sonnentage gleich seien **366·242255** Sternentagen oder dass der Frühlingspunct nach Verlauf eines tropischen Jahres einen vollen Umlauf mehr um die Erde gemacht habe, als die Sonne. Mittels der Gleichungen (5) und (6) kann man jeden in Sternzeit gegebenen Zeitraum in mittlere Sonnenzeit und umgekehrt verwandeln.

Anmerkung. Im bürgerlichen Leben wird das gemeine Jahr zu 365 und das Schaltjahr, welches immer das vierte ist, zu 366 Tagen gerechnet. Diese Zeitrechnung, im J. 46 vor Christi von Julius Cäsar eingeführt, heisst die Julianische. Dabei ergibt sich aber, indem man das Jahr zu 365 Ta-

gen 6 St. rechnet, jährlich ein Fehler von 0.1867875 St., welcher zur Zeit der Nicäischen Kirchenversammlung (325 nach Ch. G.) auf 3 Tage angewachsen war, die man sofort in diesem Jahre wegliess. Diesen Uebelstand zu heben, setzte Papst Gregor XIII. 1582, wo die Frühlingsnachtgleiche abermals um 10 Tage verrückt war, fest, dass alle 400 Jahre drei Schaltjahre und für das Jahr 1582 zehn Tage weggelassen werden sollen. Diese Zeitrechnung, welche leicht durch eine zweckmässigere und genauere zu ersetzen wäre, heisst die Gregorianische und wird fast von ganz Europa benützt.

21. Das tropische Jahr theilt man in die vier Jahreszeiten: den Frühling, Sommer, Herbst und Winter. Der Sommer fängt für einen bestimmten Parallelkreis an, wenn die Zenithdistanz der Sonne für selben am kleinsten, der Winter, wenn sie am grössten ist. Hat die Sonne die mittlere Zenithdistanz erreicht, so beginnt der Frühling oder Herbst, je nachdem das Minimum oder Maximum darauf folgt.

Den Wechsel der Jahreszeiten bewirkt die jährliche Bewegung der Sonne um die Erde. Sie erfolgt in der Ecliptik von West gegen Ost, und ist daraus zu erkennen, dass die Sonne den östlicher liegenden Fixsternen, welche ihre gegenseitige Lage fortwährend beibehalten, täglich näher rückt und stets ihre Morgen- und Abendweite ändert, was bei den Fixsternen nicht der Fall ist. Auch folgt sie aus dem Umstande, dass die Sonne täglich unter andern Höhen culminirt. Offenbar kann eine so geartete Bewegung nicht in einem Parallelkreise, sondern nur in einem grössten vor sich gehen, welcher den Aequator in zwei Puncten schneidet. Und in der That stimmen alle Ortsbestimmungen der Sonne mit der gemachten Voraussetzung überein, wenn man sie aus zwei zur Feststellung der Bahn genügenden berechnet und mit den Beobachtungen vergleicht. Somit bewegt sich die Sonne in der Ecliptik dergestalt, dass, wenn wir sie beim Eintritte in den Frühlingspunct zu beobachten beginnen, und ϵ die Schiefe der Ecliptik bezeichnet, sie von da in die nördliche Halbkugel übertritt und in ihrer Declination zunimmt, bis sie ϵ als Maximum derselben erreicht, wenn sie in den Sommerwendepunct kommt. Hierauf nimmt die Declination wieder ab, wird für den Herbstpunct Null, dann negativ, erreicht im Winterwendepunct das Minimum $-\epsilon$ und es kehrt die Sonne abermals zu dem Frühlingspuncte zurück, wo die Declination wieder Null ist.

Dem Gesagten zufolge hängen die Jahreszeiten von der Declination der Sonne, mithin auch von ihrer Länge und von der geographischen Breite des betreffenden Parallelkreises der Erde ab. Ihr An-

fang lässt sich auf einfache Weise bestimmen, jedoch müssen dabei die Parallelkreise inner- und ausserhalb der Wendekreise getrennt werden. Für letztere ist allgemein, wenn φ die nördliche Polhöhe des Parallelkreises, z die Zenithdistanz der Sonne, und δ ihre nördliche Declination bezeichnet, zur Zeit ihrer Culmination

$$(7) \quad z = \varphi - \delta;$$

mithin ist z am kleinsten, wenn δ am grössten wird, was geschieht,

wenn $\delta = \varepsilon$ ist.
 $\delta = -\varepsilon$

Ist nun λ die Länge der Sonne, so hat man

$$(8) \quad \sin \delta = \sin \lambda \sin \varepsilon,$$

folglich für $\delta = \varepsilon$,

$$(9) \quad \sin \lambda = 1 \text{ und } \lambda = 90^\circ,$$

hingegen für $\delta = -\varepsilon$

$$(10) \quad \sin \lambda = -1 \text{ und } \lambda = 270^\circ;$$

d. h. der Sommer fängt an, wenn die Sonne in den Sommerpunct, der Winter, wenn sie in den Winterpunct kommt.

Ferner ist die mittlere Zenithdistanz zwischen der grössten $\varphi + \varepsilon$ und der kleinsten $\varphi - \varepsilon$

$$\frac{1}{2}(\varphi + \varepsilon) + \frac{1}{2}(\varphi - \varepsilon) = \varphi;$$

dann muss aber vermöge (7) $\delta = 0$ sein, und es übergeht (8) in

$$(11) \quad 0 = \sin \lambda \cdot \sin \varepsilon,$$

oder da $\sin \varepsilon$ von Null verschieden ist, in

$$\sin \lambda = 0, \text{ woraus}$$

$$(12) \quad \lambda = 0 \text{ oder } \lambda = 180^\circ \text{ folgt;}$$

d. h. der Frühling oder Herbst fängt an, wenn die Sonne den Frühlings- oder Herbstpunct erreicht, wodurch zugleich die Benennungen der vier Puncte gerechtfertigt sind.

Dies gilt für die nördliche Halbkugel und das Umgekehrte nothwendig für die südliche, so dass dem Frühling, Sommer, Herbst und Winter in der nördlichen, der Herbst, Winter, Frühling und Sommer in der südlichen entsprechen.

Für die Parallelkreise innerhalb der Wendekreise und für diese selbst kehrt jede Jahreszeit in einem Jahre zweimal wieder. Denn betrachten wir abermals einen Parallelkreis in der nördlichen Halbkugel, der die Polhöhe φ hat, so ist zur Culminationszeit der Sonne wieder allgemein

$$(7) \quad z = \varphi - \delta.$$

Es erreicht diese aber, wenn sie vom Wendekreis des Stein-

bockes zu dem des Krebses übergeht, in ihrer Zenithdistanz von dem Maximum

für $\delta = -\varepsilon$ an, das Minimum

für $\delta = \varphi$ und hierauf das nördliche Maximum

für $\delta = \varepsilon$. Beim Uebergange der Sonne von dem Wendekreise des Krebses zu dem des Steinbockes wird wieder

für $\delta = \varphi$.

Da ferner für die Declinationen

beziehungsweise die mittleren Zenithdistanzen

stattfinden, so ergeben sich die 8 Jahreszeiten auf der nördlichen Halbkugel (für die südliche gilt das Umgekehrte), nämlich

für $\delta = -\varepsilon$ Winteranfang, für $\delta = \varepsilon$ Winteranfang,

„ $\delta = -\frac{\varepsilon - \varphi}{2}$ Frühlingsanfang, „ $\delta = \frac{\varphi + \varepsilon}{2}$ Frühlingsanfang,

„ $\delta = \varphi$ Sommeranfang, „ $\delta = \varphi$ Sommeranfang und

„ $\delta = \frac{\varphi + \varepsilon}{2}$ Herbstanfang, „ $\delta = -\frac{\varepsilon - \varphi}{2}$ Herbstanfang.

Man erkennt zugleich, dass diese Anfangszeiten für jeden Parallelkreis mit Ausnahme jener der Winter verschieden sind, während sie für die Parallelkreise ausserhalb der Wendekreise gleich bleiben. Für die zwischen den Polen und Polarkreisen pflegt man nur Sommer und Winter zu unterscheiden.

Diese Verschiedenheit der Jahreszeiten in den Theilen der Erde ist der Grund, warum man sie in Zonen abtheilt. Davon nennt man die Kugelzone zwischen den beiden Wendekreisen die heisse, die zwischen den Wende- und Polar-Kreisen die zwei gemäßigten und endlich die durch die Polarkreise gebildeten Kugel-segmente die beiden kalten Zonen.

Ehemals setzte man den Jahreszeiten häufig die Himmelszeichen bei, worunter man die zwölf gleichen Theile versteht, in welche man die Ecliptik zum Behufe der Ortsbezeichnung der Son-

ne theilte. Sie erhielten ihre Namen von den zwölf Sterngruppen, die den ganzen Umkreis der Ecliptik einnehmen.

Vom Frühlingspuncte aus gegen Ost sind ihre Namen mit den beigefügten gebräuchlichen Zeichen folgende:

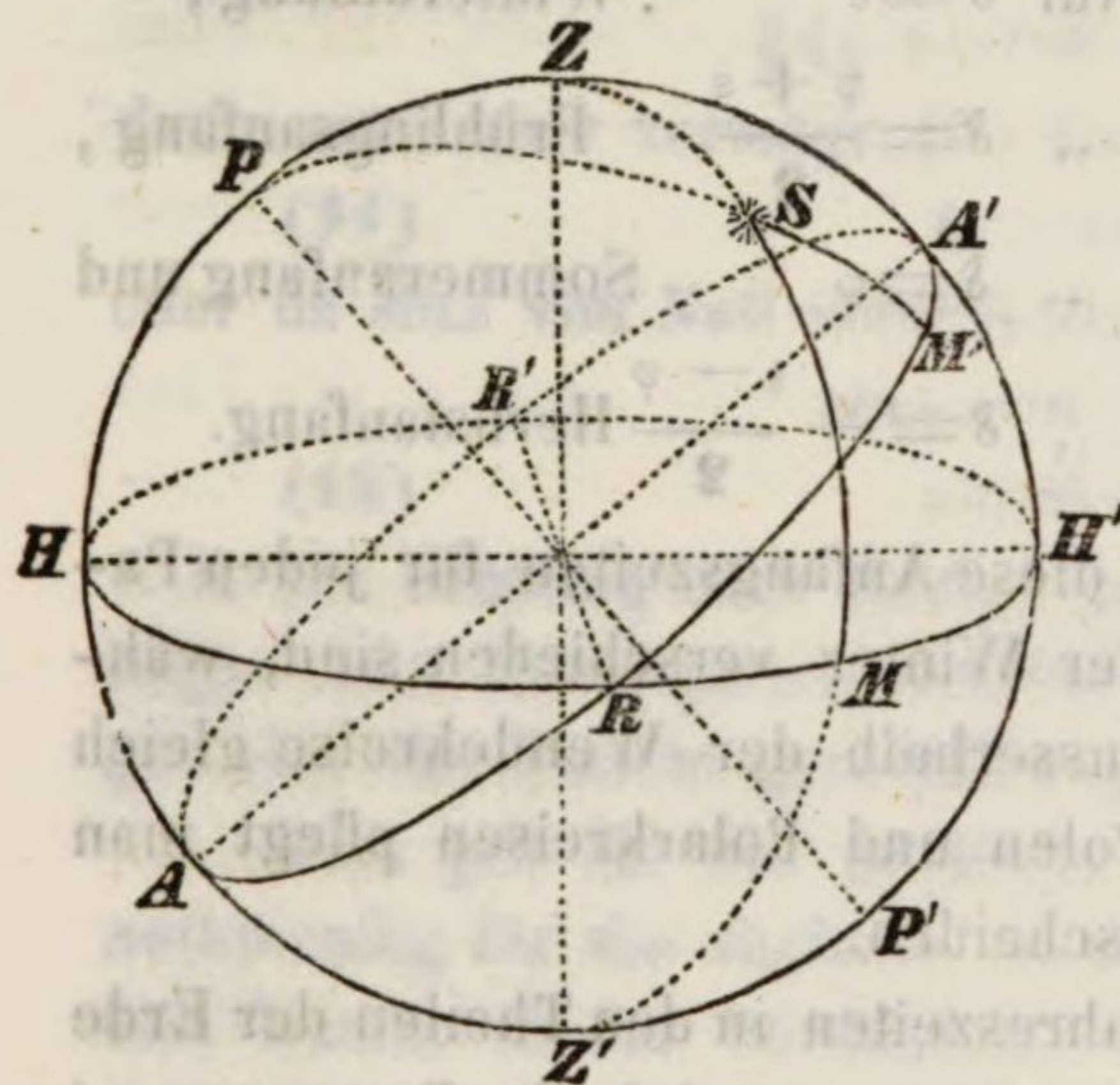
Widder ♈,	Stier ♉,	Zwillinge ♊,
Krebs ♋,	Löwe ♌,	Jungfrau ♍ oder ♎,
Wage ♎,	Scorpion ♏,	Schütze ♐,
Steinbock ♑,	Wassermann ♒,	Fische ♓ *).

Diese Zeichen darf man jedoch, da sie bloß eine alte mathematische Eintheilung der Ecliptik sind, nicht mit den wirklichen Sternbildern (Sterngruppen) verwechseln, welche den sogenannten Thierkreis bilden.

Anmerkung. Da die Bewegung der Sonne in der Ecliptik nicht gleichförmig ist, so sind auch die Jahreszeiten nicht von gleicher Dauer. In der nördlichen gemässigten Zone dauert in diesem Jahrhundert der Frühling (Anfang 21. März, Sonne im Nullpunct des Widders) 92 Tage 22 Stunden, der Sommer (Anfang 21. Juni, Sonne im Nullpunct des Krebses) 93 Tage 14 Stunden, Herbst (Anf. 23. September, Sonne im Nullpunct der Wage) 89 Tage 17 Stunden und der Winter (Anf. 21. December, Sonne im Nullpunct des Steinbockes) 89 Tage 1 Stunde.

22. In den verschiedenen Jahreszeiten sind auf der Erde auch

die T a g s z e i t e n, welche durch die tägliche Bewegung der Sonne um die Erde bewirkt werden, verschieden.



Ist überhaupt HH' der Horizont irgend eines Ortes auf der Erde und Z sein Zenith; AA' der Aequator, P der Nordpol und somit HAH'ZH der Meridian für Z; so hat man, wenn S irgend ein Gestirn ist, und seine Poldistanz $SP = p$, seine

*) Man hat folgende Gedächtnissverse für die Ordnung der Himmelszeichen, von denen die deutschen gar erbaulich zu lesen:

*Sunt aries, taurus, gemini, cancer, leo, virgo,
Libraque, scorpius, arcitenens, caper, amphora, pisces.*

*Im Norden sind zu seh'n: der Widder und der Stier,
Die Zwilling', Krebs und Löw' sammt einer Jungfrau Zier;
Im Südenthail: die Wag', der Scorpion, der Schütze,
Der Steinbock, Wassermann, der nassen Fische Sitze.*

Zenithdistanz $SZ = z$, sein Azimuth $H'M = \omega$, der Stundenwinkel $SPZ = s$ und die Polhöhe $HP = \varphi$ gesetzt wird, aus dem sphärischen Dreiecke PSZ

$$(13) \quad \cos z = \cos p \sin \varphi + \sin p \cos \varphi \cos s \text{ und}$$

$$(14) \quad \cos p = \cos z \sin \varphi - \sin z \cos \varphi \cos \omega.$$

Für $z = 90^\circ$ werden s und ω der Stundenwinkel und das Azimuth des auf- und untergehenden Gestirns; bezeichnet man sie durch s_0 und ω_0 , so erhält man

$$(15) \quad \cos s_0 = -\frac{\tan \varphi}{\tan p} \text{ und}$$

$$(16) \quad \cos \omega_0 = -\frac{\cos p}{\cos \varphi}.$$

Diese beiden Gleichungen enthalten alle Umstände des Auf- und Unterganges der Gestirne.

1) Ist φ positiv, so ist klar, dass, wenn $p < 90^\circ$ ist, $s_0 > 90^\circ$ sein müsse; d. h. für Orte auf der nördlichen Halbkugel bleiben die

Gestirne, welche ^{über} dem Aequator sich befinden oder in der ^{unter} nördlichen Hemisphäre liegen, länger ^{über} als ^{unter} dem Horizonte, ^{südlichen}

da s_0 das Maass für den halben Tagbogen des Gestirnes ist. Für die Sonne ist aber in der nördlichen Halbkugel im Sommer $p < 90^\circ$, im Winter $p > 90^\circ$,

daher während des ^{erstern} der Tag länger als die Nacht ist. ^{letztern} kürzer

Ist $p = 90^\circ$, so wird, unabhängig von φ , auch $s_0 = 90^\circ$; d. h. Gestirne im Aequator bleiben für alle Orte der Erde eben so lang über als unter dem Horizonte, mithin haben beim Anfange des Frühlings und Herbstes alle Bewohner der Erde Tag und Nacht gleich, wodurch die Benennung Linie der Nachtgleichen oder Aequinoctiallinie gerechtfertigt wird.

Ist $p = \varphi$, so wird $s_0 = 180^\circ$, mithin bleibt das Gestirn immer über dem Horizont, den es bei der untern Culmination berührt. Dies findet bei der Sonne für die Bewohner des Polarkreises beim Sommeranfange statt, da für sie $\varphi = 90^\circ - \varepsilon$ ist und zugleich $p = 90^\circ - \varepsilon$ wird; daher beträgt daselbst die längste Dauer des Tages 24 Stunden.

Wird $p < \varphi$, so erreicht das Gestirn den Horizont gar nicht mehr und bleibt stets über ihm. Sofort haben die Bewohner der kal-

ten Zone die Sonne im Sommer desto mehr Tage ununterbrochen über ihrem Horizonte, je näher sie dem Pole sind.

Wird $p = 180^\circ - \varphi$, so streift das Gestirn in der obern Culmination den Horizont. Dies gilt für die Bewohner des Polarkreises beim Winteranfang, wo

$p = 90^\circ + \varepsilon = 180^\circ - (90^\circ - \varepsilon)$ ist und sie die längste, 24 Stunden dauernde Nacht haben.

Gestirne, für welche $p > 180^\circ - \varphi$ ist, sind für den Parallelkreis von der Polhöhe φ gänzlich unsichtbar, wesshalb im Winter die Bewohner der kalten Zone um desto mehr Tage die Sonne ununterbrochen unter ihrem Horizonte haben, je näher sie dem Pole sind, welcher sonach dem Gesagten zufolge ununterbrochen ein halbes Jahr hindurch Tag und das andere Halbjahr Nacht haben muss.

2) Da für Orte auf der südlichen Halbkugel φ negativ wird, so findet vermöge (15) gleichzeitig immer das Umgekehrte statt.

Für den Aequator ist $\varphi = 0$, also immer Tag und Nacht gleich.

3) Bezeichnet s'_0 den halben Nachtbogen, so ist

$$(17) \quad s'_0 = 180^\circ - s_0 \text{ und}$$

$$(18) \quad \cos s'_0 = \frac{\tan \varphi}{\tan p},$$

aus welcher letzterer Gleichung sich offenbar dieselben Schlüsse ergeben.

4) Um zu erkennen, welche Parallelkreise die Sonne im Zenithe haben können, setze man $s = 0$ in (13), wodurch

$$(19) \quad \cos z = \sin(p + \varphi) = 1$$

wird, also

$$(20) \quad p + \varphi = 90^\circ$$

sein muss.

Für die Bewohner des Aequators ist $\varphi = 0$ und sie haben daher bei Anfang ihrer beiden Sommer, wo $p = 90^\circ$ ist, mithin zweimal im Jahre die Sonne im Zenithe. Dasselbe gilt für die übrigen Bewohner der heissen Zone mit Ausnahme jener auf dem Wendekreise. Denn für erstere ist $\varphi < \varepsilon$ und es kann zweimal im Jahre $p + \varphi = 90^\circ$ werden, da p zweimal den Werth zwischen $90^\circ - \varepsilon$ und 90° erreicht, während letzteren, die ε zur Polhöhe haben, die Sonne nur einmal ins Zenith zu stehen kommt, da jährlich nur einmal $p = 90^\circ - \varepsilon$ wird.

Die Bewohner der gemässigten und kalten Zonen können die

Sonne nie im Zenithe haben, da für sie $\varphi > \varepsilon$ und $90^\circ - \varepsilon$ der kleinste Werth von p ist.

5) Die Morgen- und Abendweite eines Gestirnes erhält man aus (16) und es unterliegt keiner Schwierigkeit, mittels dieser Gleichung zu den schon gewonnenen Schlüssen zu gelangen.

6) Endlich ist noch zu bemerken, dass vermöge (13) und (14) zu gleichen Zenithdistanzen (oder Höhen) eines Gestirnes auf beiden Seiten des Meridians auch gleiche oder vielmehr um 360° verschiedene Stundenwinkel und Azimuthe gehören, wenn die Poldistanz unverändert bleibt.

23. Die verschiedene Tagesdauer in den einzelnen Parallelkreisen der Erde veranlasste die älteren Geographen, die Erdoberfläche in parallele Zonen einzutheilen, die sie Klimate nannten, indem sie für jede halbe Stunde Zunahme des längsten Tages die Polhöhe berechneten und so die Grenzen durch Parallelkreise zogen. Hierzu hat man, wie man leicht begreift, $p = 90^\circ - \varepsilon$ in (15) zu setzen, wodurch sich

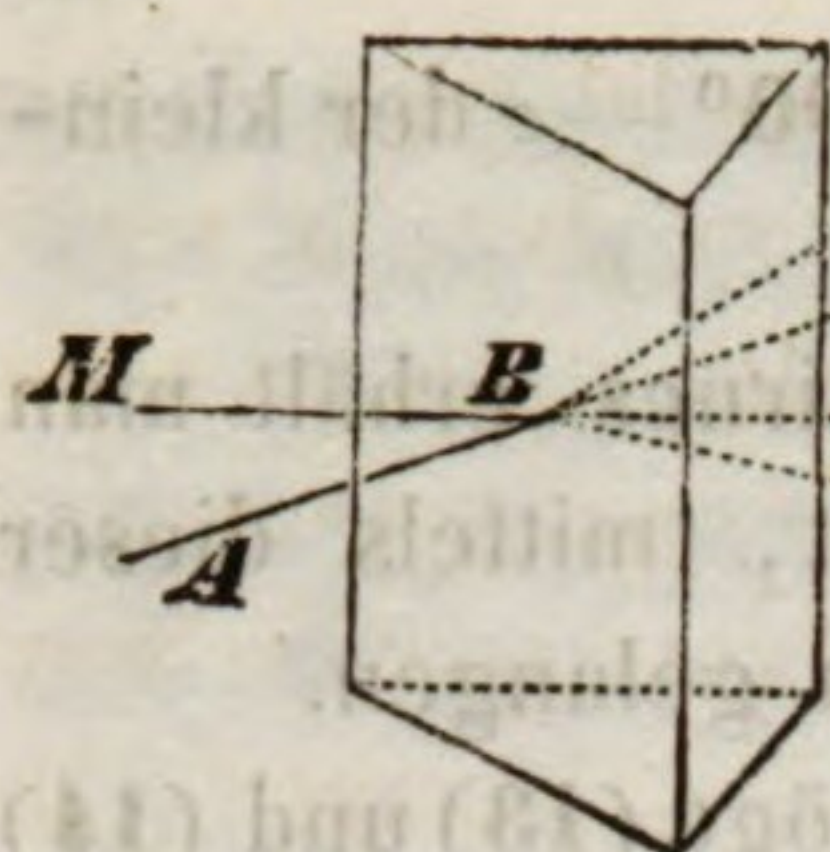
(21) $\tan \varphi = -\cos s_0 \cot \varepsilon$ ergibt. Es versteht sich von selbst, dass man die Zeit durch Multiplication mit 15 erst in Grade verwandeln müsse.

Folgende Tabelle gibt von Stunde zu Stunde und Monat zu Monat grösster Tagesdauer die Polhöhen der ihr zukommenden Parallelkreise.

Grösste Tagesdauer	Polhöhe	Grösste Tagesdauer	Polhöhe
12 Stunden	0° 0'	22 Stunden	65° 51'
13 „ „	16 44	23 „ „	66 22
14 „ „	30 49	24 „ „	66 32
15 „ „	41 24	1 Monat	67 23
16 „ „	49 3	2 Monate	69 50
17 „ „	54 31	3 „ „	73 39
18 „ „	58 28	4 „ „	78 31
19 „ „	61 19	5 „ „	84 5
20 „ „	63 23	6 „ „	90 0.
21 „ „	64 50		

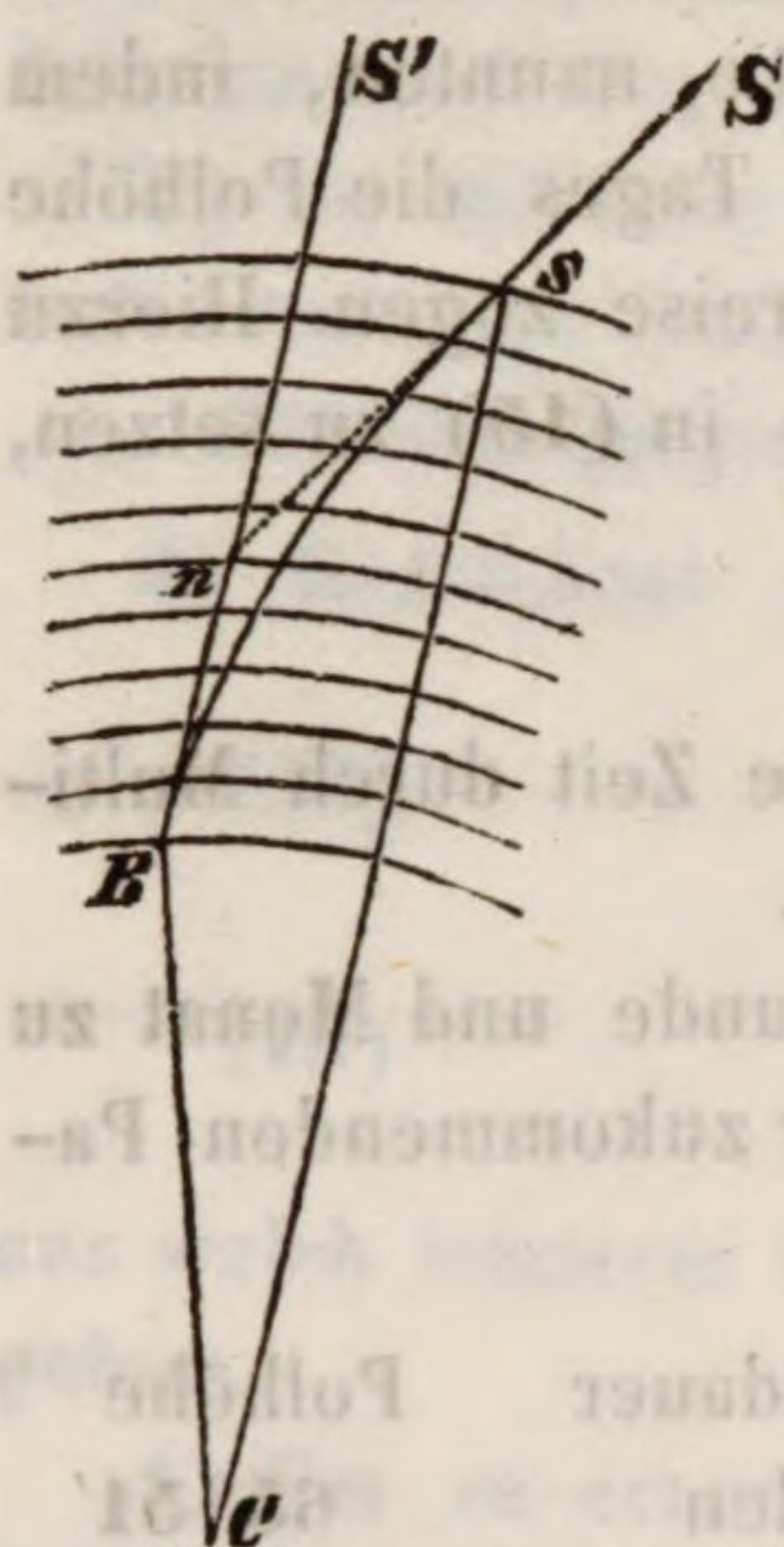
24. Uebrigens wird die Tagesdauer durch die D ä m m e r u n g, welche durch die S t r a h l e n b r e c h u n g des Lichtes erzeugt wird, noch verlängert. Letztere besteht in Folgendem.

Jeder durchsichtige Körper hat die Eigenschaft den auf ihn fallenden Lichtstrahl von seiner geraden Richtung abzulenken, ihn zu b r e c h e n. Wenn z. B. ein Lichtstrahl in der Richtung AB auf



ein Glasprisma einfällt, so geht er nicht in der Verlängerung von AB, nämlich nicht in der Richtung BD durch das Glas, sondern in der BC oder BE und bewegt sich in derselben fort, bis er durch einen neuen Körper davon abgelenkt wird. Man nennt diese Veränderung der Richtung des Lichtstrahles die **Strahlenbrechung** und die im Einfallspuncte auf der brechenden Fläche Senkrechte MN das **Einfallslot**.

Auch die Erde ist mit einem solchen durchsichtigen Körper (der Atmosphäre) bis zu einer endlichen, übrigens nicht vollkommen bekannten Höhe umgeben und es müssen die Lichtstrahlen der



Sonne, ehe sie zur Erde gelangen können, durch selben gehen, mithin gebrochen werden. Ueberdies ist die Atmosphäre ein Agregat, eine Summe stetiger Luftschichten, von denen die untern dichter als die obern sind, d. h. bei gleichem Volum mehr Masse enthalten.

Ist nun C der Mittelpunkt der Erde, B der Beobachter auf ihrer Erdoberfläche und S die Sonne (oder ein anderes Gestirn); so wird der Lichtstrahl Ss, wenn er der ersten concentrischen Luftschichte begegnet, von ihr so gebrochen, dass er dem Einfallslothe (Halbmesser) Cs näher kommt, als es ohne Brechung geschehen wäre. In der nächsten Schichte, die dichter ist, kommt er ihm noch näher u. s. w., so zwar dass er eine Curve beschreibt, da die Dichte nicht sprungweise, sondern continuirlich zunimmt. Der Lichtstrahl bleibt dabei in derselben Ebene, da kein Grund vorhanden ist, aus welchem er der gleichen Dichte halber neben ihr davon abweichen sollte. Man sieht aber alle Gegenstände in der Richtung, welche der von ihnen ausgehende Lichtstrahl in dem Momente hat, in welchem er in das Auge des Beobachters gelangt, welche Richtungen er auch früher gehabt haben mag. Desshalb sieht das Auge das Gestirn S in der Richtung der Tangente des letzten Punctes jener Curve, d. h. es sieht S in S', mithin näher am Zenithe oder höher. Der Winkel SnS' heisst die **Refraction** des Gestirnes S und zwar die **astronomische** zum Unterschiede von der irdischen oder terrestrischen, von der wir später sprechen werden.

Die erstere, die sonach nur die Höhe, nicht aber das Azimuth des Gestirnes ändert, hängt von der Zenithdistanz ab und muss von jeder gemessenen Höhe abgezogen werden, wenn man die wahre kennen will. Sie ist für alle Zenithdistanzen in eigenen Tafeln berechnet, im Zenithe Null und wächst von da nahe zu im Verhältnisse der Tangente der scheinbaren Zenithdistanz; sie beträgt bei 45° Zenithdistanz $57''$ und steigt am Horizonte bis auf $33'$.

Wir sehen daher die Sonne auch nach ihrem Untergange noch einige Zeit und ebenso schon vor ihrem Aufgange. Aber selbst dann, wenn sie schon oder noch so tief unter dem Horizonte steht, dass die Refraction sie nicht mehr oder noch nicht bis zu demselben erheben kann, verdanken wir der Atmosphäre noch wenigstens einen Theil des Sonnenlichtes, das die Grenzen unserer Nächte näher zusammenrückt. Dies erfolgt nicht mehr durch das directe, sondern durch das reflectirte Sonnenlicht, nämlich durch diejenigen Sonnenstrahlen, die von höhern Theilen der Atmosphäre, von den Dünsten und Wolken, welche noch nach dem Untergange oder schon vor dem Aufgange der Sonne von ihr beschienen werden, wie von einer Spiegelfläche auf die Erde geworfen, die Dauer der Nächte abkürzen.

Man nimmt gewöhnlich an, dass die Dämmerung anfängt und aufhört, wenn die Sonne 18° unter dem Horizonte steht.

Von dieser Dämmerung, welche die *astronomische* heisst, ist die *bürgerliche* verschieden. Diese endigt, sobald man im Zimmer gewöhnliche Schrift ohne künstliche Mittel nicht mehr lesen kann. Man nimmt für sie die Zeit, wenn die Sonne $6\frac{1}{2}^\circ$ von dem Horizonte absteht.

Die beiden kleinern Kreise, welche in den Entfernungen von 18° und $6\frac{1}{2}^\circ$ zum Horizonte parallel sind, heissen deshalb *Dämmerungskreise*, während man überhaupt jeden durch eine horizontale Ebene auf der Himmelskugel gebildeten Kreis *Almucantarac* oder auch *Höhenkreis* (im engern Sinne) nennt, weil alle Gestirne in ihm dieselbe Höhe haben.

25. Es unterliegt keiner Schwierigkeit, die Dauer der astronomischen und bürgerlichen Dämmerung zu bestimmen. Denn bezeichnet man durch φ die Polhöhe des Ortes, für den man sie finden will, durch δ die Declination, durch z die Zenithdistanz und durch s den Stundenwinkel der Sonne; so hat man nach (13)

$$(22) \quad \cos z = \sin \delta \sin \varphi + \cos \delta \cos \varphi \cos s.$$

Setzt man nun nach einander $z = 90^\circ$, $z = 90^\circ + 18^\circ = 108^\circ$

und $\varepsilon = 90^\circ + 6\frac{1}{2}^\circ = 96\frac{1}{2}^\circ$; so findet man die zugehörigen Stundenwinkel s' , s'' , s''' aus

$$(23) \quad \cos s' = -\tan \delta \tan \varphi,$$

$$(24) \quad \cos s'' = \cos s' + \frac{\cos 108^\circ}{\cos \delta \cos \varphi} \quad \text{und}$$

$$(25) \quad \cos s''' = \cos s' + \frac{\cos 96\frac{1}{2}^\circ}{\cos \delta \cos \varphi}.$$

Daraus ergeben sich $s'' - s'$ und $s''' - s'$ als die Dämmerungsdauer, da s' der Stundenwinkel des Unter- oder Aufganges der Sonne, s'' , s''' der des Anfanges oder Endes der astronomischen, bürgerlichen Dämmerung ist.

Für die Mitte Deutschlands hat die astronomische im Anfange März und gegen die Mitte October die kürzeste Dauer von nahe zwei Stunden. Von der Mitte Mai bis zu Ende Juli dauert sie für das genannte Land die ganze Nacht hindurch. In den höhern geographischen Breiten dauert sie viel länger und wächst an den Polen bis zu 50 Tagen bei Anfang und Ende der halbjährigen Nacht, die sofort um 100 Tage abgekürzt wird, so dass die volle Dunkelheit für den Nordpol nur vom 13. November bis zum 29. Jänner dauert.

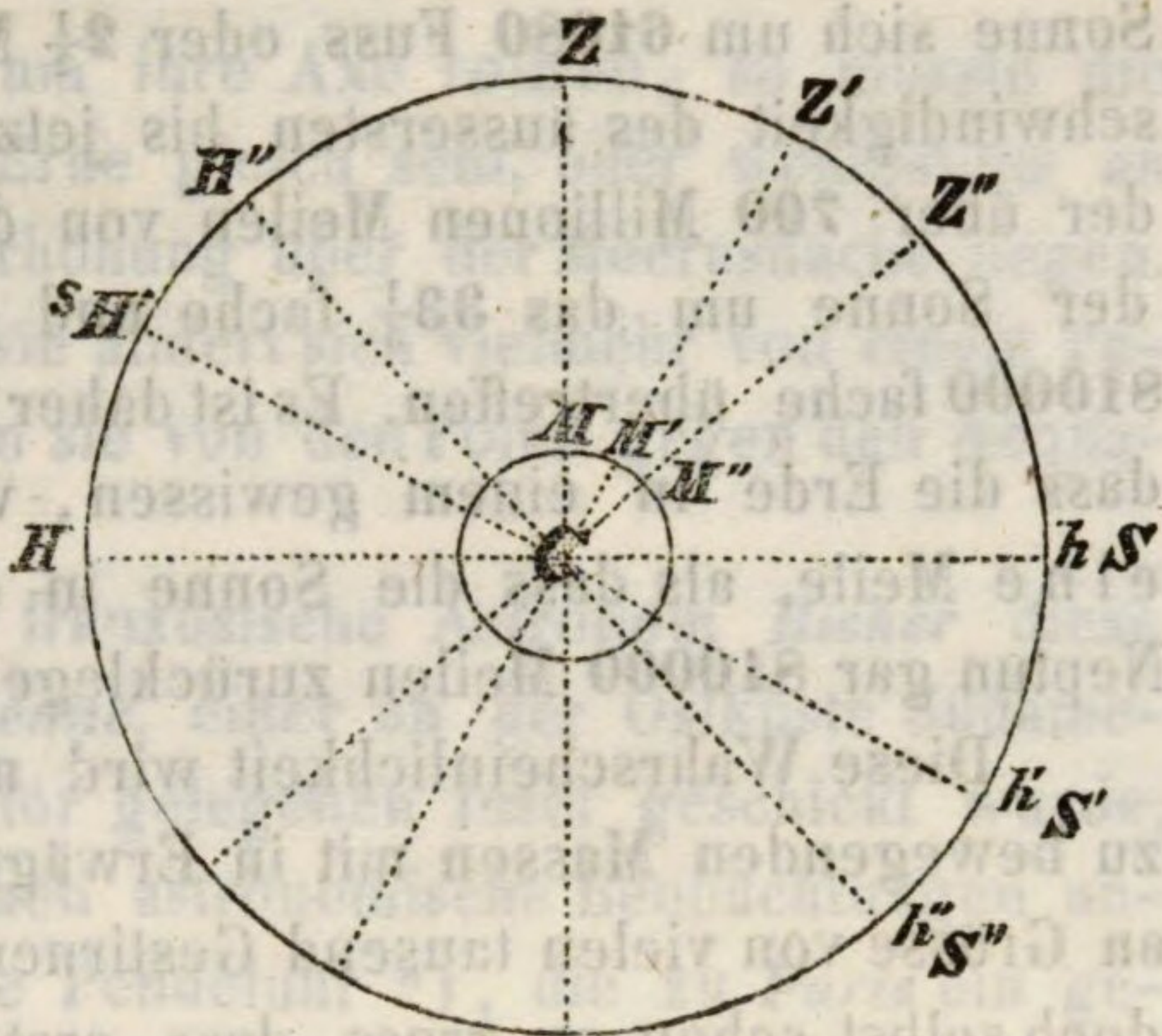
Die bürgerliche Dämmerung ist viel kürzer. Sie dauert für das mittlere Deutschland im März und October als Minimum nur 40 Minuten, in der Mitte Juni als Maximum nahezu eine Stunde.

III. Abschnitt.

Die tägliche und jährliche Bewegung der Erde, Aberration, Präcession, Nutation und Parallaxe.

26. Bis jetzt wurde vorausgesetzt, dass das ganze Himmelsgewölbe mit allen Gestirnen um die Weltaxe von Ost gegen West sich gleichförmig drehe und es liessen sich die Erscheinungen des Auf- und Unterganges der Gestirne unter dieser Voraussetzung ganz einfach erklären. Die Erklärung derselben ist aber eben so einfach unter der Annahme, dass der Himmel mit seinen Gestirnen ruhe und die Erde sich gleichförmig von West gegen Ost um ihre Axe drehe. Denn ist C der Mittelpunkt der Erde, M ein Ort auf ihr und Z dessen Zenith, so bewegt sich ein Gestirn S, das bei S aufgeht, über Z gegen s. Nach einiger Zeit werden sofort andere Punkte Z' , Z'' , .. nach Z gelangen, zum Zenithe für den unbeweglichen Horizont Hh des Ortes M werden und an-

dere Gestirne S' , S'' , ... aufgehen. Bewegt sich nun die Erde nach entgegengesetzter Richtung, also M über M' gegen M'' ; so nimmt dieser Ort nach und nach die Lagen M' , M'' , ... an, wozu Z' , Z'' , ... als Zenithe gehören, mithin gelangen gleichfalls die Gestirne S' , S'' , ... allmählig in die beweglichen Horizonte $H'h'$, $H''h''$, ... oder sie gehen auf.



So wie sich daher nach der ersten Hypothese der Himmel um den unbeweglichen Horizont von Ost gegen West dreht; so bewegt sich nach der zweiten der veränderliche Horizont von West gegen Ost und der Himmel bleibt unbeweglich. Sonach erklären beide Annahmen die in Frage stehenden Erscheinungen gleich vollständig und es handelt sich nur darum, zu untersuchen, welche die wahre sei.

27. Die ungemein grossen, ja unbegreiflichen Geschwindigkeiten, welche die Gestirne erhalten müssten, falls sie sich um die Weltaxe bewegen sollten, sind in Vergleich mit der, welche unter Voraussetzung der Rotation der Erde deren Punkte haben, ein Wahrscheinlichkeitsgrund für die Hypothese der letztern Bewegung. Allerdings hat jeder Punct des Aequators, der 5400 geographische Meilen enthält — unter einer geographischen Meile versteht man den 15. Theil eines Grades von einem grössten Kreise auf der Erde — in einer Stunde deren 225, also in einer Secunde $\frac{1}{16}$ zurückzulegen, wozu eine Kanonenkugel, selbst wenn sie die Geschwindigkeit von 600 Fuss in der Secunde fortwährend behielte, $2\frac{1}{2}$ mal so viel Zeit brauchen würde. Diese Geschwindigkeit ist zwar sehr beträchtlich; wenn man aber bedenkt, dass die Entfernungen der Fixsterne vom Mittelpunkt der Erde unmessbar gross sind, so müssten sie eine eben solche Geschwindigkeit haben, falls sie sich um die Weltaxe drehen sollten. Selbst für messbare Entfernungen wird sie fast unbegreiflich; so ist z. B. die Sonne gegen 21 Millionen Meilen von der Erde entfernt und sie hat daher, wenn sie sich im Aequator befindet, in 24 Stunden den Weg von $42000000 \pi = 131946900$, also in einer Stunde den von 5497788 und in einer Secunde den von 1527 geographischen Meilen zurückzulegen; d. h. in derselben Zeit, als eine Kanonenkugel 1 Fuss oder die Erde $2\frac{1}{2}$ Fuss zurücklegt, müsste die

Sonne sich um **61080** Fuss oder $2\frac{1}{2}$ Meilen bewegt haben. Die Geschwindigkeit des äussersten bis jetzt bekannten Planeten Neptun, der über **700** Millionen Meilen von der Erde absteht, würde jene der Sonne um das $33\frac{1}{3}$ fache und die der Erde um mehr als das **810000** fache übertreffen. Es ist daher ohne Zweifel wahrscheinlicher, dass die Erde in einem gewissen, wenn auch geringen Zeitraum eine Meile, als dass die Sonne in derselben Zeit **24430** und der Neptun gar **810000** Meilen zurücklege.

Diese Wahrscheinlichkeit wird noch vermehrt, wenn man die zu bewegendenden Massen mit in Erwägung zieht. Obwohl die Sonne an Grösse von vielen tausend Gestirnen übertroffen wird, so ist sie doch selbst schon so gross, dass erst **329630** Körper von dem Gewichte der Erde zu einem einzigen vereinigt, dem ihrigen gleich kommen würden. Wenn daher allerdings eine ungemein grosse Kraft erforderlich war, der Erde die Bewegung um ihre Axe zu ertheilen, so hätte sie doch noch $24430 \times 329630 = 8052860900$ mal grösser sein müssen, wenn die Sonne um die Weltaxe rotiren sollte. Noch unbegreiflicher als die Grösse dieser der Erde zugemutheten Kraft ist die Eigenschaft, die sie haben müsste, auf nahe Körper eben so wie auf entferntere zu wirken. Sofort ist die Bewegung der Gestirne in Parallelkreisen um die Erde unmöglich und die Annahme, welche sie voraussetzt, unstatthaft, wesshalb nur die andere, vermöge deren die Erde um ihre Axe sich bewegt, als richtig anerkannt werden kann.

28. Auch an andern Gestirnen, namentlich den Planeten, welche gerade ganz analog mit der Erde sind, bemerkt man mit Hilfe von Fernröhren eine Axendrehung und hat auch bei einigen ihre Dauerzeit mit Genauigkeit gefunden. Es ist nicht anzunehmen, dass gerade die Erde allein nicht rotire.

Obwohl diese Gründe die Axendrehung der Erde ausser Zweifel setzen, so sind sie doch nur negativer Natur. Es gibt aber andere, welche in Erscheinungen bestehen, die nicht anders als durch das Stattfinden der Rotation der Erde erklärt werden können. Dahin gehört vorzugsweise die **Abnahme der Schwere gegen den Aequator hin** *).

*) Jeder Körper drückt die Unterlage, auf der er sich befindet, und fällt, wenn sie entfernt wird. Die Richtung dieses Fallens geht, wie die Erfahrung bestätigt, immer gegen den Mittelpunkt der Erde, so dass man sich daselbst eine Kraft befindlich denken kann, welche alle Körper dahin zieht. Man nennt sie die **Schwerkraft**. Sie steht mit

Würde die Erde nicht um ihre Axe rotiren, so müsste die Schwere an allen Orten der Erde gleich sein, oder wenigstens an jenen, welche in derselben Erhöhung über der Meeresfläche liegen. Allein dies findet nicht statt; sie ändert sich vielmehr von einem Parallelkreise zum andern, indem sie von den Polen gegen den Aequator zu abnimmt.

Schon 1672 machte der französische Astronom *Richer* diese Beobachtung, als er nach *Cayenne*, einer an der Ostküste Südamerika's, 5° nördlich vom Aequator gelegenen Insel geschickt wurde, um daselbst zu einigen Zwecken astronomische Beobachtungen anzustellen. Als er nämlich seine Pendeluhr *), die zu *Paris* ein ge-

der Masse des angezogenen (fallenden) Körpers in directem und mit seiner Entfernung vom Mittelpuncte der Erde in umgekehrtem quadratischen Verhältnisse.

*) Ein Faden CA, der an seinem obern Ende C befestiget und an dem andern mit einem schweren Körper A versehen wird, stellt in der einfachsten Form ein Pendel vor. Wird der Faden sich selbst überlassen, so nimmt er wegen der Wirkung der Schwere die verticale Lage CA an. Bringt man ihn aber mit dem Körper A in die Lage CB und überlässt ihn wieder sich selbst, so strebt er, abermals der Schwere wegen, in die Lage CA zurückzukehren; allein in A angekommen, hat er eine gewisse Geschwindigkeit erreicht, die ihn offenbar nöthigt, so hoch zu steigen, als er gefallen war, mithin den Bogen $AB' = BA$ zurückzulegen. Von B' geht er wieder zurück nach A, von da nach B u. s. f., bis der Widerstand der Luft und der, welchen der Faden an dem Aufhängepuncte findet, den Körper in die verticale Lage CA und in Ruhe versetzt. Durch diese beiden Widerstände wird zwar der Bogen BB' immer kleiner, aber die Zeit des Hin- und Hergehens des schweren Körpers bleibt ungeändert. Dies Hin- und Hergehen nennt man eine Pendelschwingung und zwar die von B nach A eine einfache oder halbe, die von B nach B' eine zusammengesetzte oder doppelte. Die Zeit, welche zu einer zusammengesetzten nothwendig ist, heisst die Schwingungszeit, CA die Pendellänge und $B'CA = ACB$ der Elongations- oder Oscillations-Winkel. Offenbar ist es möglich, die Pendellänge, wenigstens durch versuchendes Verlängern oder Verkürzen des Fadens, so zu bestimmen, dass eine ganze Schwingung genau in einer Secunde vollendet werde, und man hat dann ein Secundenpendel.

Eben so klar ist es, dass bei vorausgesetzter gleicher Schwere die Schwingungszeit des Pendels wachsen müsse mit dem Wachsen der Pendellänge, weil der schwere Körper einen grössern Weg zurückzule-



naues Secundenpendel war, prüfte, fand er, dass sie täglich um $2\frac{1}{2}$ Minuten zu spät ging. Er sah sich genöthigt, die Pendelstange um $1\frac{1}{4}$ pariser Linien zu verkürzen, damit seine Uhr auf der genannten Insel ein Secundenpendel werde. Er konnte diese Erscheinung einer Verlängerung der Pendelstange durch die grössere Wärme zu *Cayenne* nicht zuschreiben, da sich bei den zu diesem Zwecke angestellten Versuchen nur eine fast unmerkliche Ausdehnung ergab. Auch konnten während der Reise keine Umstände störend auf das Pendel eingewirkt haben, da er die Pendelstange bei seiner Zurückkunft nach *Paris* wieder um $1\frac{1}{4}$ pariser Linien verlängern musste, weil die Uhr täglich um $2\frac{1}{2}$ Minuten zu früh ging. Sofort blieb nichts weiter übrig, als eine Verminderung der Schwere in den Gegenden des Aequators anzunehmen, da nur sie noch, als die bewegende Kraft des Pendels, die Ursache dieser Erscheinung sein konnte.

Bald hierauf bis in die neueste Zeit wurden, besonders wegen der zu ermittelnden genauen Gestalt der Erde, Pendelversuche mit Anwendung aller Vorsicht an verschiedenen Orten der Erde gemacht. Daraus ergab sich, dass die Schwere am Aequator in Vergleich mit der an den Polen um $\frac{1}{289}$ ^{tel} geringer, oder dass ein Gewicht von 289 Pf. am Aequator mit einem von 288 Pfd. an den Polen identisch sei, oder dass ein Körper durch den freien Fall in einer Secunde am Aequator 31·0336, an den Polen aber 31·0405 wiener Fuss zurücklege.

Zwischen den Polen und dem Aequator finden mittlere Werthe der Schwere statt, deren Abnahme stetig erfolgt und einer Kraft zugeschrieben werden muss, welche der Schwere ununterbrochen entgegen wirkt. Eine solche wird durch die Rotation der Erde erzeugt. Denn bewegt sie sich um ihre Axe, so erhält jeder Punct,

gen hat, so wie bei derselben Pendellänge mit der Abnahme der Schwere, weil sie die Kraft ist, welche das Pendel in Bewegung erhält. Bezeichnet g die Grösse der Schwere, l die Pendellänge, t die Schwingungszeit und π die ludolphische Zahl; so erhält man nach den Sätzen der Mechanik

$$t = \pi \sqrt{\frac{l}{g}},$$

wodurch die eben gedachten Schlüsse bestätigt werden. Die in der Ausübung vorkommenden Pendel haben statt des Fadens eine Stange von Metall und eine eben solche Linse als schweren Körper. Die Mechanik lehrt aber ein so zusammengesetztes (physisches) Pendel auf das einfache (mathematische) zurückführen.

den die Schwere gegen den Mittelpunkt der Erde zu ziehen trachtet, das Bestreben, nach der Richtung der Tangente Aa sich abzuschwingen, welches man wieder einer Kraft, Tangentialkraft genannt, zuschreiben kann. Im Aequator, wo jeder Punct, da er auf dem Umfange eines grössten Kreises liegt, den grössten Weg zurückzulegen hat, also die grösste Geschwindigkeit besitzt, muss die Tangentialkraft am grössten sein, mithin die Schwere, welcher sie daselbst überdies auch gerade entgegen wirkt, am meisten, in den Parallelkreisen aber nach irgend einem Verhältnisse ihrer geographischen Breiten weniger verändert und an den Polen, welche ruhen, durch sie gar nicht afficirt werden.



Da die Beobachtungen dem Gesagten zufolge diese Erscheinungen bestätigen und die Abnahme der Schwere gegen den Aequator hin auf keine andere Art erklärt werden kann, so muss die Erde um ihre Axe sich bewegen, die Himmelskugel dagegen ruhen.

29. Auch das Entstehen der beständigen Ostwinde, welche nord- und südwärts vom Aequator bis zur Entfernung von 20° das ganze Jahr als Nordost- und Südostwind wehen, in seiner nächsten Nähe aber nicht bemerkt werden, lässt sich ganz einfach aus der Rotation der Erde erklären.

Denn der so begrenzte Theil der Erde umfasst ungefähr die heisse Zone, daher die ihn umgebende Luft durch die höhere Temperatur verdünnt, also leichter wird. Diese leichtere Luft erhebt sich über die benachbarte nördliche und südliche kältere, also dichtere und schwerere, und fliesst, wenn sie eine gewisse Höhe erreicht hat, gegen die beiden Pole hin ab. Nothwendig entsteht hierdurch eine beständige Luftströmung in dieser Richtung. Durch das Erheben der Luft von der Erdoberfläche am Aequator entsteht daselbst ein verdünnter Raum, in welchen die untere kältere und dichtere von den Polen eindringt, so dass in der Nähe des Aequators in den untern Gegenden der Atmosphäre eine beständige Strömung von den Polen gegen ihn und in den obern eine entgegengesetzte herrscht.

Da ferner die Atmosphäre gleiche Rotationsgeschwindigkeit mit seinen Parallelkreisen hat, so rotirt die Polarluft, wenn sie beim Aequator anlangt, langsamer als dieser, bleibt sonach hinter ihm gegen West zurück und macht sich daselbst den Bewohnern, wel-

che ihre eigene schnelle Bewegung nach Ost nicht bemerken, als beständiger Ostwind fühlbar; d. h. der von ^{Nord} Süd kommende Luftstrom wird in Verbindung mit der gegen Ost gerichteten Axendrehung der Erde ein ^{Nord-} Süd-Ostwind. Da jedoch diese Strömungen in der unmittelbaren Nähe des Aequators nach und nach schon die Geschwindigkeit der nächsten Parallelkreise angenommen haben, so können sie sich daselbst nicht mehr fühlbar machen.

Es ist übrigens klar, dass ebenso in den wärmeren Luftschichten ^{nördlich} südlich vom Aequator ein ^{Süd-} Nord-Westwind erzeugt werden müsse.

Diese so regelmässigen Erscheinungen sind, wie wir sehen, von der Rotation der Erde abhängig und daher zugleich ein Beweis dafür.

30. Eine Hypothese erhebt sich erst dann zur vollen Wahrheit, wenn sie nicht nur alle bereits beobachteten Erscheinungen auf das bestimmteste erklärt, sondern auch andere, die man noch gar nicht kannte, voraussagt und die sich in der Erfahrung bestätigt finden. Dies ist der Fall mit der Axendrehung der Erde.

Zur Zeit, als noch über die Rotation der Erde gestritten und sie vielfältig bezweifelt wurde, machte man, selbst Männer wie *Tycho Brahe*, den Schluss, dass, wenn die Erde von West gegen Ost rotire, ein von einer bedeutenden Höhe (z. B. von der Spitze eines hohen Thurmes) fallender Stein nicht an dessen Fuss fallen könne, sondern westlich abweichen müsse, weil der Thurm, während der Stein fiel, durch die Bewegung der Erde weiter gegen Ost vorgerückt sei.

Dies zeigten aber die darüber angestellten Versuche durchaus nicht und man behauptete desshalb, dass auch die Erde nicht rotire. Allein die so mangelhaften Versuche, welche man gemacht, konnten gar nichts entscheiden; so s. B. grub man Kanonen vertical ein und schoss Kugeln daraus, ohne an den Spielraum und andere Umstände zu denken. Die Kugeln fielen auch an allen Seiten der Kanonen nieder, einige südwestlich, andere östlich und andere endlich fand man gar nicht.

Newton dagegen, welcher die Axendrehung der Erde behauptete, schloss, der Stein könne nicht westlich, sondern müsse östlich vom Fusse des Thurmes fallen, da seine Spitze weiter

als er vom Mittelpunkte der Erde entfernt ist und deshalb auch die Tangentialkraft grösser sein müsse. *Hooke*, *Newton's* genialer Zeitgenosse (1679) zeigte, dass der Stein auf der nördlichen Halbkugel auch eine südliche Abweichung erhalten müsse, obwohl seine eigenen als auch andere Versuche kein genügendes Resultat wegen der geringen Fallhöhen liefern konnten, bis 1802 *Benzenberg* auf einem Kirchthurme zu Hamburg und in dem Kohlenschacht zu Schlebusch die Versuche erneuerte und der Theorie hinlänglich entsprechende Resultate erhielt, welche auch *Hooke's* Behauptung bestätigten.

Wir sind, wenn wir das Gesagte zusammenfassen, zu dem Schlusse berechtigt, dass die Erde um ihre Axe sich bewege, die Himmelskugel aber ruhe. Die Dauer dieser Bewegung ist constant und beträgt 24 Stunden Sternzeit oder 23 Stunden 56' 4.093'' mittlerer Zeit *).

*) Kaum gibt es eine Wahrheit, welche solchen Widerspruch gefunden, wie die Rotation der Erde. Man denke nur an die Verfolgungen, welche der Vater der Naturwissenschaften, *Galilaei*, erlitt. Man hat besonders die Bibel mit zu Hilfe gerufen, indem man ausser mehreren Stellen auch die Worte Josua's: „Sonne, steh' still zu Gideon“ anführte und daraus auf deren Bewegung schloss, um die ketzerischen Astronomen und Naturforscher zu bekämpfen. Doch eben diese Bibelstelle hat der witzige *Kästner* durch folgendes Epigramm gleichsam in einen theologischen Beweis verwandelt:

Bauer. Herr Küster! wie? was sagt er da?

Wir sollten um die Sonn' uns dreh'n?

Er träumt. Hiess dort nicht Josua

In ihrem Lauf sie stille steh'n?

Küster. Das ist's ja, was ich sagen will,

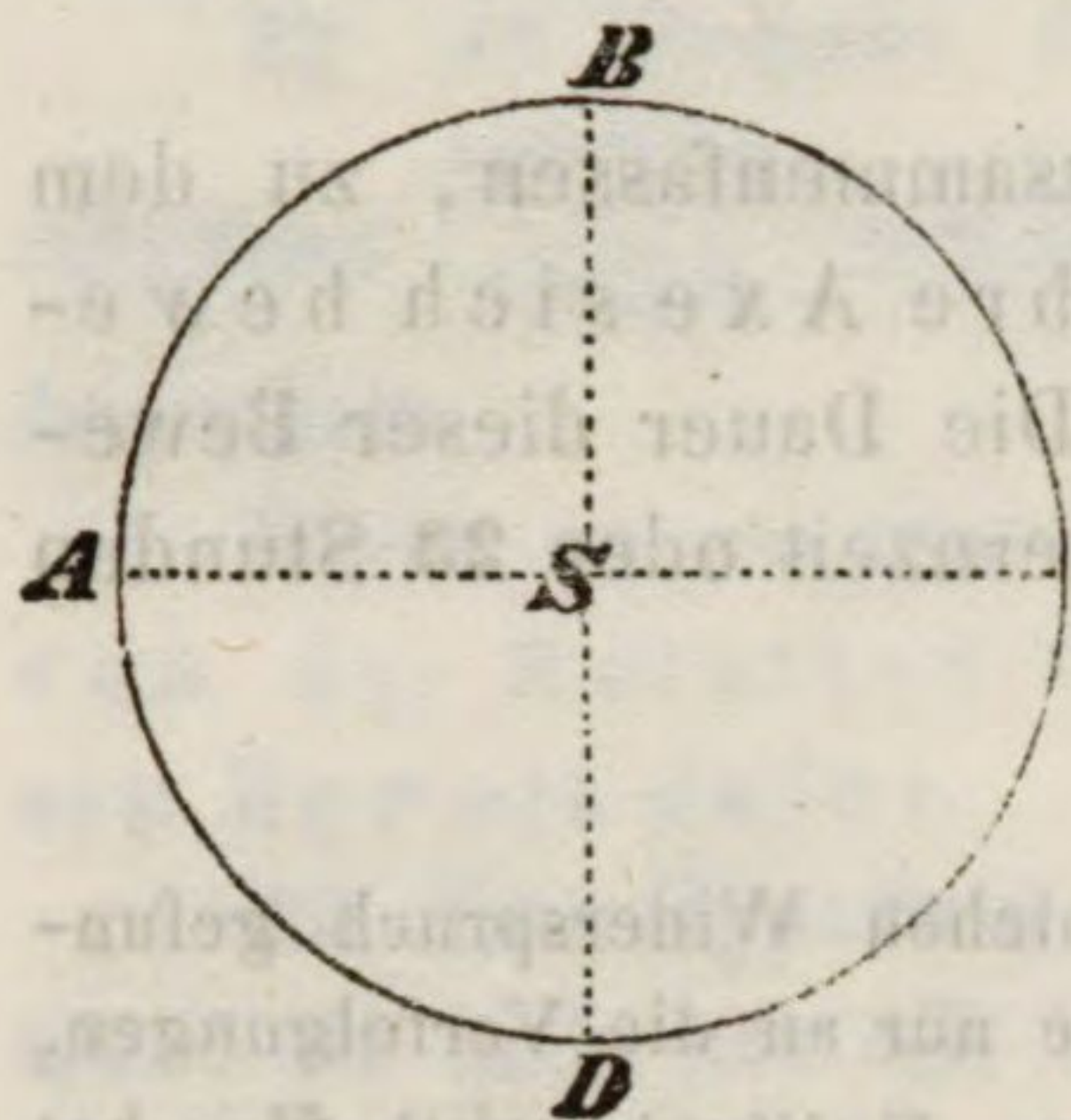
Seit jenem Tage steht sie still.

Den möcht' ich seh'n, der aus der Schrift bewies,

Dass er sie wieder laufen liess.

Man wollte nicht begreifen, warum die Rotation der Erde sich uns nicht fühlbar mache, obwohl man wusste, dass man eine gleichförmige Bewegung nicht fühle, wie wir z. B. von der Bewegung eines Schiffes, wenn es nicht schwankt, gar nichts spüren. Man glaubte, dass, wenn man den Kopf jetzt aufwärts trägt, man ihn nach 12 Stunden nach abwärts tragen oder dass man von der Erde wegin in die Luft fallen müsse, ohne an das einzige Wort Schwere, welche Alles erklärt, zu denken, ohne zu erwägen, dass, wie durch die Reisen um die Erde ausser Zweifel gesetzt ist, an den entgegengesetzten Puncten der Erddurchmesser auch Menschen wohnen, welche nicht in die Luft fallen und die Köpfe auch aufwärts d. h. gegen den Himmel zu, tragen.

31. Wie wir früher die Rotation des Himmels um die Weltaxe voraussetzten, eben so hatten wir auch angenommen, dass die Sonne sich jährlich von West gegen Ost in der Ecliptik bewege, indem wir sagten, dass sie täglich ungefähr um 0.986 Grade den östlicher gelegenen Sternen näher rücke. Allein sämtliche Erscheinungen, welche durch diese vorausgesetzte Bewegung der Sonne hervorgerufen werden, lassen sich eben so vollständig erklären, wenn man annimmt, dass die Sonne ruhe und die Erde sich um selbe in der Ecliptik bewege.



Denn denken wir uns zuerst die Erde S im Mittelpunkte der Himmelskugel, so wird die Sonne, wenn sie um erstere sich jährlich einmal in dem Kreise ABCD in der Richtung von A nach B bewegt, nach und nach in den Richtungen SA, SB, SC, SD erscheinen und so im Laufe des Jahres durch alle Sternbilder der Ecliptik gehen.

Ist dagegen die Sonne im Mittelpunkte S und geht die Erde nach derselben Richtung in dem Kreise ABCD so herum, dass sie im Anfange denjenigen Punct C einnehme, welcher dem Ausgangspunkte A der Sonne gerade gegenüber liegt; so wird diese von der Erde aus abermals in denselben Richtungen SA, SB, SC, SD gesehen werden, so dass sie genau wieder bei den nämlichen Sternbildern erscheint.

Beide Hypothesen erklären sonach die wahrzunehmenden Erscheinungen gleich gut und es bleibt nur noch zu entscheiden, welche die wahre sei.

Die Gründe, welche für die jährliche Bewegung der Erde sprechen, sind zum Theil dieselben, welche uns bestimmten, ihre tägliche anzuerkennen. Sollte die Erde der Mittelpunkt der Bewegung sein, so müsste ihr wieder die ganz eigenthümliche, undenkbbare

Als man die Schwere zugestehen musste, sagte man, dass sie auch die Sonne, den Mond und die Sterne gegen den Mittelpunkt der Erde ziehen müsse. Allerdings äussert die Erde eine, wenn auch geringe, anziehende Wirkung auf die nächsten Gestirne, von denen sie sogar den Mond zwingt, sie stets zu begleiten. Allein auf die übrigen kann sie der unermesslichen Entfernungen wegen keinen erkennbaren Einfluss ausüben, da ja sonst die Schwerkraft jene unbegreifliche Grösse haben müsste, von der wir schon gesprochen.

Kraft zugeschrieben werden, die auf den nahen und kleinen Mond, der sich wirklich um die Erde bewegt, in gleicher Weise wie auf die grosse und so weit entfernte Sonne einwirken sollte. Man wird daher wohl mit weit grösserer Wahrscheinlichkeit dem grösseren Körper, der Sonne, die Kraft zuerkennen, die Erde zu bewegen und der letzteren nur eine solche, welche den Mond zwingt, sie stets auf ihrem Wege in der Ecliptik zu begleiten. Da überdies die Sonne die Licht- und Wärmequelle für die Erde ist, so spricht auch dieser Umstand für die Bewegung der Erde.

Weiter bemerken wir an den Planeten eine ihnen eigene Bewegung, welche, von der Erde aus einige Zeit hindurch beobachtet, unter den Fixsternen in äusserst unregelmässigen und keinem Gesetze unterworfenen Bahnen erfolgt, indem sie bald ost-, bald westwärts gerichtet ist und dabei eine so auffallende Veränderung in der Geschwindigkeit zeigt, dass die Planeten bald längere Zeit bei einem Sterne ganz unbeweglich zu stehen, bald an ihm schnell vorüberzugehen scheinen. Bei weitem noch unregelmässiger erscheinen die Bahnen der Cometen, während wir in der Bewegung des Mondes und in der scheinbaren der Sonne nur Ordnung und Gesetzmässigkeit erkennen. Man hat sich lange abgemüht, diese so sonderbaren Unregelmässigkeiten auf mitunter äusserst scharfsinnige, jedoch nie genügende Weisen zu erklären, bis *Copernikus* lehrte, dass die Sonne still stehe und um sie die Bewegung der Planeten erfolge. Und in der That, von der Sonne aus gesehen, erscheinen die so complicirten Bewegungen eben so einfach, wie die des Mondes und die scheinbare der Sonne um die Erde. Die ungeheuern Geschwindigkeiten, welche die Planeten haben müssten, wenn sie sich um die Erde bewegen sollten — so müsste z. B. Uranus täglich sieben Millionen Meilen zurücklegen — fallen weg und gehen in begreifliche über. Sofort werden wir zugestehen, dass die Sonne ruhe, die Erde aber jährlich einmal die Ecliptik von West gegen Ost durchschreite.

32. Auf einem äusserst mühsamen Wege fand der grosse deutsche Astronom *Keppler* für die Bewegung der Planeten durch Benützung der Beobachtungen früherer Astronomen drei Gesetze, deren Richtigkeit bald durch die Lehren der Mechanik nachgewiesen wurde. Nach dem dritten aus ihnen verhalten sich die Quadrate der Umlaufszeiten der Planeten um die Sonne wie die dritten Potenzen der Halbmesser ihrer Bahnen.

Bezeichnet man durch t , t' die Umlaufszeiten und durch r , r' die Halbmesser der Bahnen der Erde und eines Planeten, so hat man

$$(1) \quad \frac{t^2}{t'^2} = \frac{r^3}{r'^3}$$

Nun ist für den Planeten Jupiter $t' = 4331.974$ Tage mittlerer Zeit $r' = 109214000$ geogr. Meilen und im Mittel die Entfernung der Erde von der Sonne 21000000 geogr. Meilen, daher

$$\left(\frac{t}{4331.974} \right)^2 = \left(\frac{21000}{109214} \right)^3 = 0.00710924 \text{ und}$$

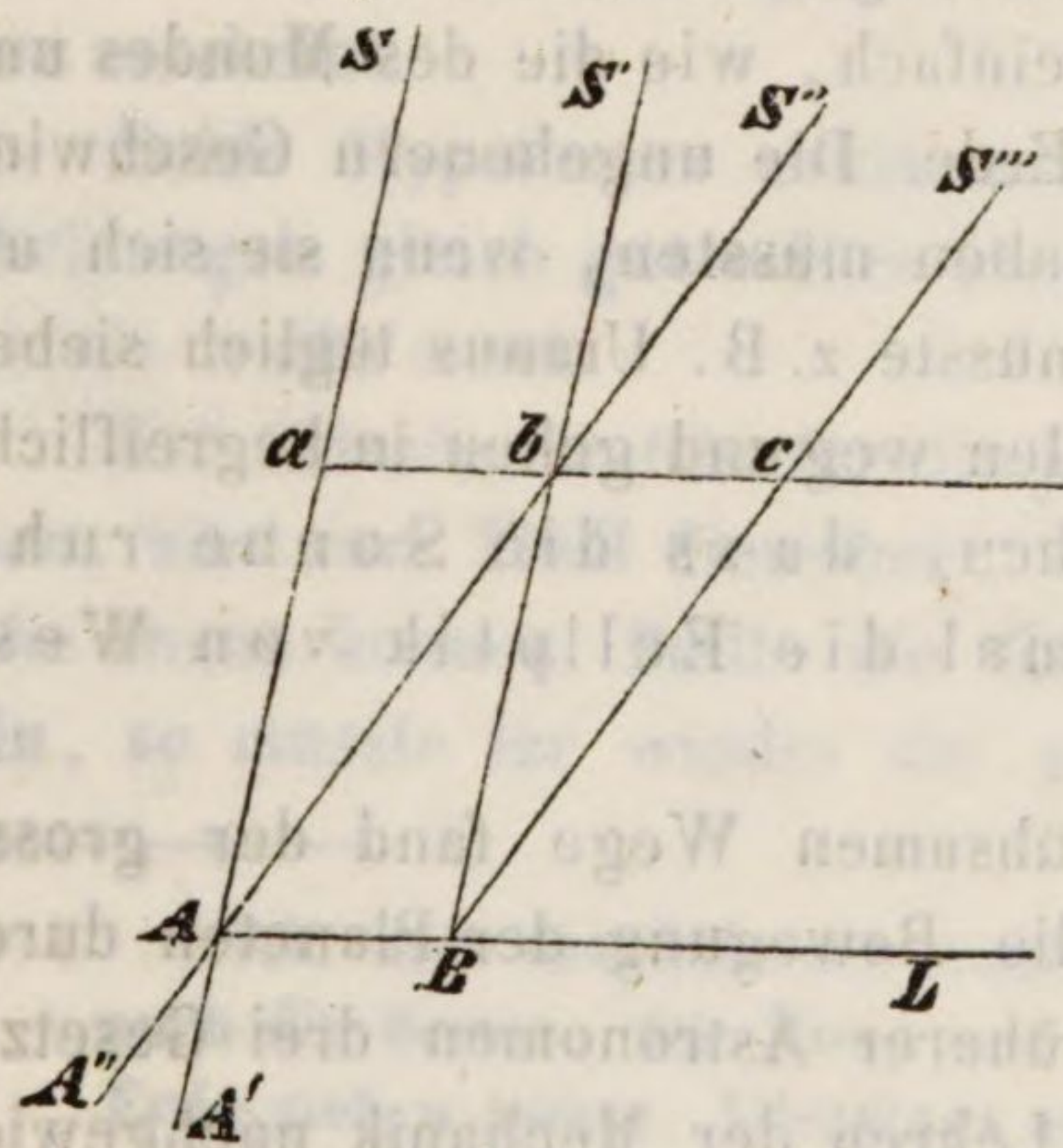
$$t = 4331.974 \times 0.0843163 = 365.256 \text{ mittleren}$$

Sonnentagen, was mit der wahren Länge des Jahres übereinstimmt. Da so die Erde dieses für die Planeten geltende Gesetz, aus welchen die beiden andern als bloße mathematische Folgerungen sich ergeben, befolgt; so müssen wir umgekehrt sie als einen Planeten anerkennen und hiermit ihre jährliche Bewegung zugestehen.

33. Einen weitem Beweis dafür liefert die *Aberration des Lichtes*, da sich ihre Erscheinungen nur unter Voraussetzung der jährlichen Bewegung der Erde erklären lassen.

Der englische Astronom *James Bradley* fand (1725—1728), als er, um die Entfernungen der Fixsterne zu bestimmen, genaue Beobachtungen an einem solchen anstellte, dass dessen Länge und Breite Veränderungen unterliege, die sich genau nach einem Jahre wiederholten und nun an allen Gestirnen ohne Ausnahme als in derselben Zeitperiode eingeschlossen beobachtet wurden.

Bradley erklärte diese Erscheinung auf folgende Weise:



Es sei AL ein Theil der Erdbahn, SA, S'B seien parallele Strahlen eines Gestirnes in unendlicher Entfernung; das Licht lege den Weg aA zurück, während die Erde von A nach B sich bewegt. Denkt man sich endlich ein Fernrohr, das in der Richtung Aa von A bis an die Gerade ac reicht und in a den Lichtstrahl Sa auffängt; so wird, wenn es wegen der Bewegung der Erde von der Lage Aa in die Bb kommt, der Strahl an seine linke Wand anprallen und somit nicht in's Auge gelangen können. Gibt man ihm aber die Richtung Ab, so dass der Strahl S''b in dasselbe fällt, so wird, während es sich bis in die

Lage Bc bewegt, der Strahl seinen Weg b B fortsetzen und stets in der Axe des Fernrohrs sein. Das Auge sieht aber den Gegenstand in der Richtung, in der die Lichtstrahlen zu ihm zu gelangen scheinen und es wird mithin das Gestirn S in der Richtung BS''' (oder AS'') zu sehen glauben, welche von der wahren um den Winkel S''' BS' = SAS'' abweicht, der die Aberration genannt wird.

Sie verursacht nothwendig eine, wenn auch geringe periodische Ortsveränderung der Sterne, deren Periode mit der Jahresdauer übereinstimmen muss, indem wir den Stern um einen kleinen Winkel im Sinne der Bewegung der Erde vorwärts liegen sehen und zwar in einer Ebene, welche die Erdbahn berührt und durch die vom Gestirne zur Erde gezogene Gerade gelegt ist.

Steht der Stern S im Pole der Ecliptik, so ist SA senkrecht auf AB und der scheinbare Ort des Sternes S'' beschreibt um S einen Umkreis, dessen Halbmesser dem Winkel SAS'' gleicht. Dann hat man aber

$$\text{tang } SAS'' = \frac{AB}{Aa}$$

oder da $AB = 4$ bei $Aa = 41900$ ist,

$$SAS'' = 20.5''.$$

Auf ähnliche Weise kann die Aberration für jede andere Lage eines Sternes berechnet werden; die erhaltenen Zahlen stimmen genau mit den Beobachtungen überein und alle Sterne kehren nach einem Jahre wieder zu der frühern Stelle des Himmels zurück. Somit muss auch die Voraussetzung, die man bei diesen Berechnungen machte, nämlich die jährliche Bewegung der Erde als richtig angenommen werden *).

34. Die jährliche Bewegung der Erde ist zugleich eine nothwendige Folge der täglichen. Denn die schon erwiesene Rotation

*) Die Aberration des Lichtes lässt sich durch folgendes Beispiel veranschaulichen:

Man denke sich in A' eine Kanone, aus der auf ein Schiff, das nach der Richtung LA bewegt wird, und dessen beide Wände AL und ac sein mögen, eine Kugel in der Richtung A'a abgefeuert wird, so dass die Kugel den Weg Aa zurücklegt, während ein Punct b der Wand ac nach a kommt. Wäre das Schiff in Ruhe, so würde die durch A gehende Kugel den Punct a der andern Wand treffen; wegen dessen Bewegung muss sie aber durch den an die Stelle von a kommenden Punct b gehen; d. h. die Wirkung ist die, als ob bei einem ruhig stehenden Schiffe die Kanone nach der Richtung A'b oder Ab gerichtet worden wäre.

der Erde muss durch irgend eine Ursache, die bei ihrem Entstehen wirkte, durch eine Kraft, einen Stoss, hervorgerufen worden sein. Allein derselbe Stoss musste nothwendig zugleich eine fortschreitende Bewegung der Erde erzeugen, indem jeder Stoss eine solche bewirkt, wenn der gestossene Körper nicht festgehalten wird. Da aber dies bei der Erde, welche frei, ohne Stützung, im Weltraume schwebt, der Fall nicht sein kann; so ist schon das blosse Bestehen ihrer Axendrehung ein Beweis für ihre progressive, jährliche Bewegung. Uebrigens ist die Geschwindigkeit derselben gegen 64mal grösser als die der täglichen, da sie vier geographische Meilen in der Secunde beträgt.

Obwohl wir so die Hypothese der Ruhe der Erde unstatthaft fanden und die ihrer täglichen und jährlichen Bewegung als unbestreitbare Wahrheit darstellten, so wollen wir doch noch fernerhin des bequemerem Sprachgebrauchs wegen die scheinbare Bewegung des Himmels und der Sonne beibehalten, da beide Hypothesen die äussern Erscheinungen, mit Ausnahme der eigens berührten, gleich einfach und ungezwungen erklären; nur wollen wir uns dabei erinnern, dass es blos des Sprachgebrauchs halber geschehe und eigentlich das Umgekehrte gelte.

35. Bei allen vorhergehenden Betrachtungen haben wir immer vorausgesetzt, dass die Ebene des Aequators und der Ecliptik unveränderlich seien. Dies ist aber nicht der Fall, da die Massen aller Körper innerhalb gewisser Entfernungen eine gegenseitige Attraction aufeinander äussern, wodurch in ihren Bewegungen Modificationen bewirkt werden, welche den Namen der Störungen führen. Die, welche die jährliche Bewegung der Erde betreffen, werden durch die Sonne, den Mond und die Planeten hervorgerufen. Da aber die Lage der Mondesbahn selbst veränderlich ist, so ist es auch dessen Wirkung. Der constante Theil derselben in Verbindung mit jener der Sonne heisst die Lunisolarpräcession, der veränderliche die Nutation.

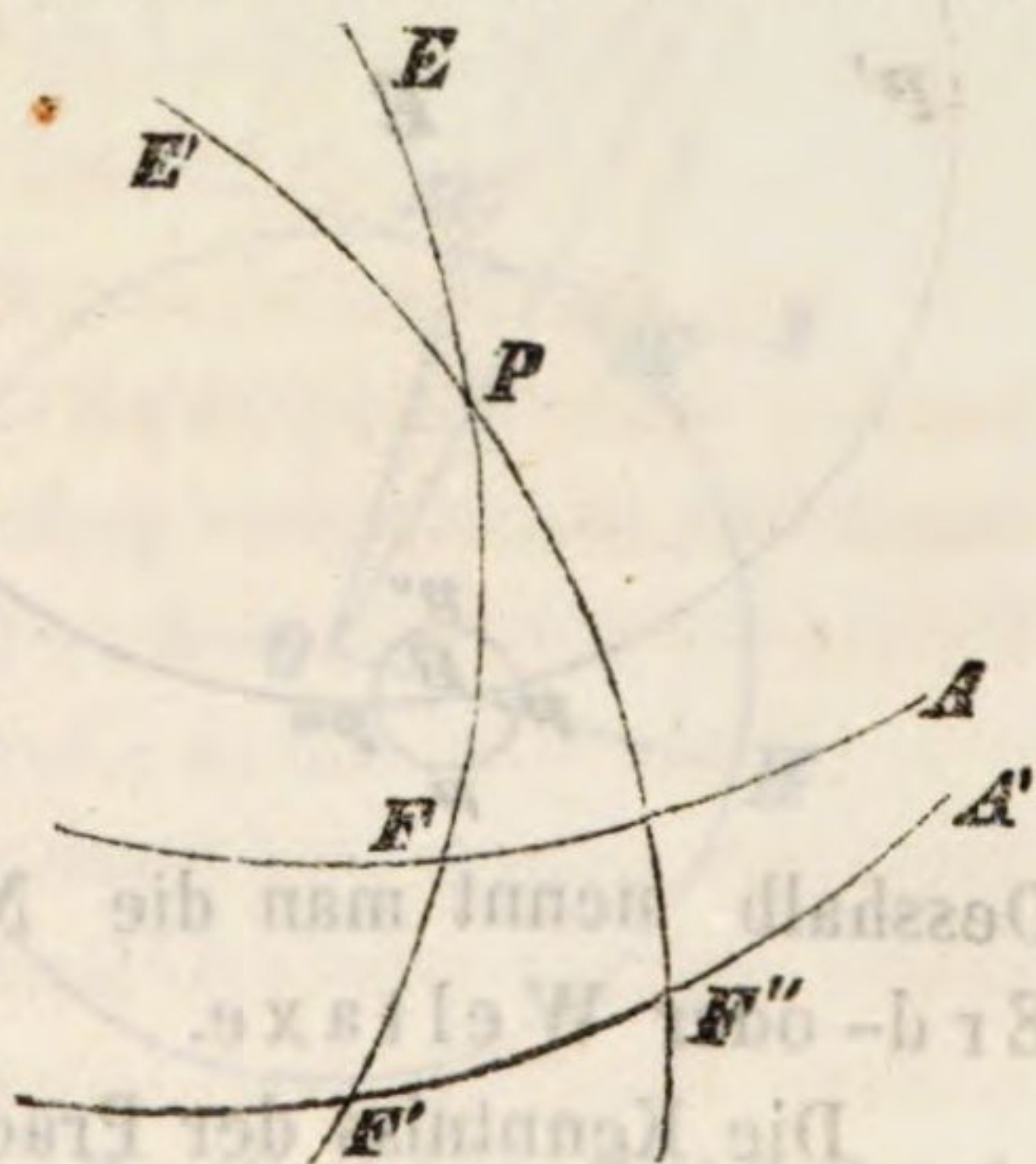
Zufolge der ersteren rücken die beiden Durchschnittspuncte des Aequators und der Ecliptik ziemlich gleichförmig von Ost nach West fort, so dass die Längen und Rectascensionen aller Sterne mit der Zeit immer wachsen, welche Beobachtung schon der Grieche *Hipparch* 140 vor Chr. machte, als er frühere Bestimmungen mit den seinigen verglich. Da man jede Bewegung von Ost nach West eine retrograde oder rückläufige und die entgegengesetzte eine directe oder rechtläufige nennt, so erhielt auch die

angeführte Erscheinung den Namen der Präcession, des Vorrückens der Tag- und Nachtgleichen oder des Zurückgehens der Aequinoctialpuncte.

Die Einwirkung der Planeten hat eine Abnahme der Schiefe der Ecliptik und hierdurch eine rechtläufige Bewegung der Aequinoctialpuncte zur Folge, welche jährlich $0.16''$ beträgt, so dass die gesammte Präcession, da die lunisolarische $50.34''$ jährlich ausmacht, im Sinne des Zurückgehens, auf $50.34'' - 0.16'' = 50.18''$ jährlich sich beläuft und die allgemeine heisst.

Bradley fand, dass die Abnahme der Schiefe der Ecliptik und die Präcession Störungen unterliege, die er *Nutation* nannte und die in einer Zeitperiode von nahezu 19 Jahren eingeschlossen sind. Auch die Nutation ist ohne Einfluss auf die Breiten, erzeugt aber ein langsames Schwanken des Himmels und der Ecliptik gegen den Aequator, wodurch die Schiefe der Ecliptik nach und nach bis um $9.6''$ bald vermehrt, bald vermindert wird, während gleichzeitig durch die bewirkte kleine Veränderung der Aequinoctialpuncte die Längen der Sterne um $18''$ bald vermindert, bald vermehrt werden *).

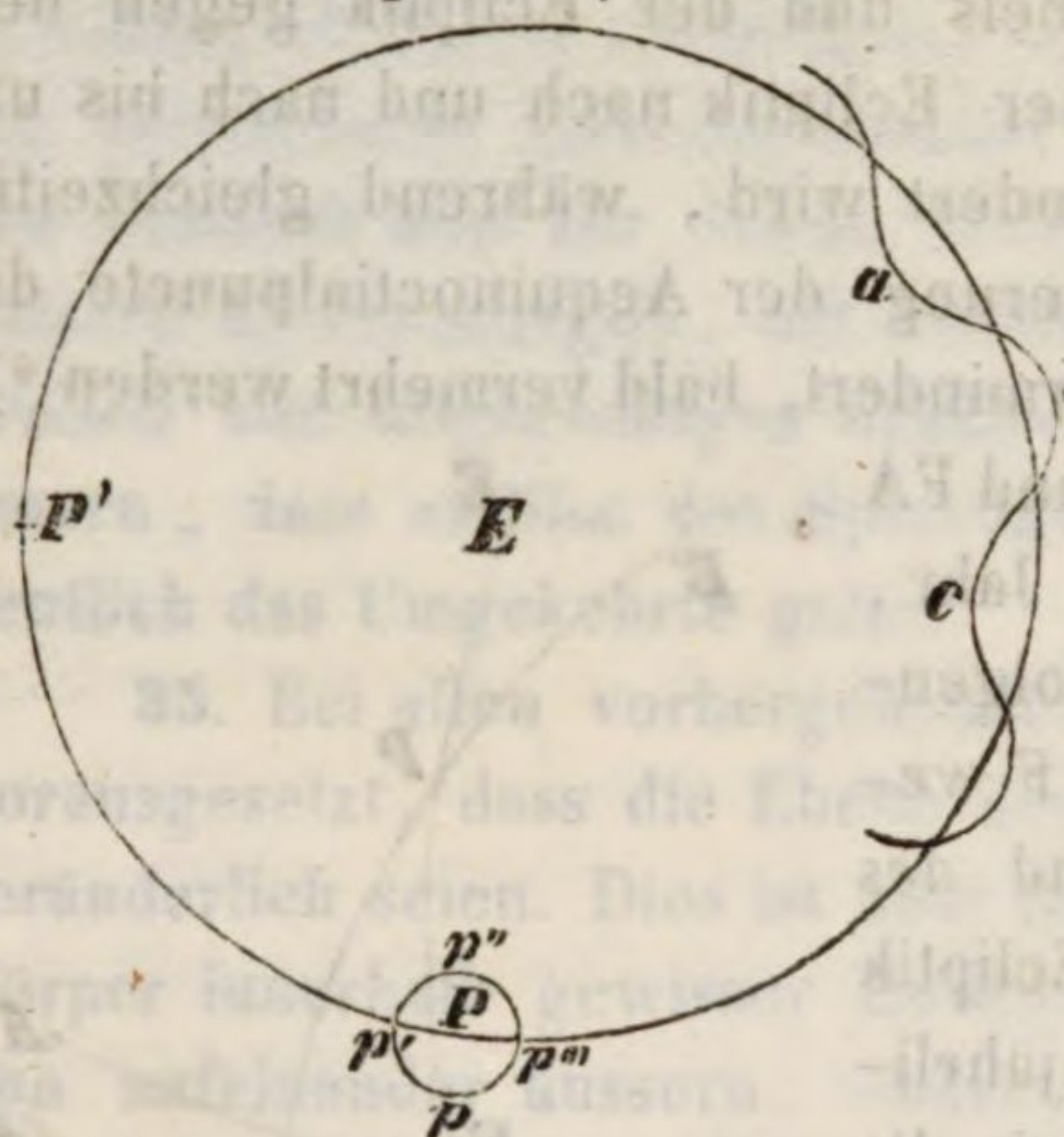
Ist FE die Lage der Ecliptik und FA die des Aequators für irgend ein Jahr, $F'E'$ und $F'A'$ die für das nächst folgende; so geht der Frühlingspunct F wegen der Anziehung der Sonne und des Mondes auf der unbeweglichen Ecliptik nach F' zurück, so dass FF' die jährliche Lunisolarpräcession ist. Durch die Anziehung der Planeten entsteht eine Bewegung der Ecliptik, wodurch FA immer in andern Puncten und unter andern Winkeln geschnitten und ein Rückgang des Durchschnitts der Ebenen FA und $E'F''$ in der Ebene $E'F''$ hervorgerufen wird, der die allgemeine Präcession heisst, die sonach durch die Differenz $PF'' - PF$ dargestellt ist. Da so der Frühlingspunct immer mehr zurückgeht,



*) Es ist klar, dass vermöge der Präcession der Stern α im kleinen Bären einst den Namen Polarstern verlieren wird, obwohl er jetzt bis zum Jahre 2100 dem Nordpole fortwährend näher rückt; immer andere Sterne, freilich erst nach Jahrtausenden, werden darauf Anspruch haben. Eben so begreiflich ist es, dass die Präcession auf chronologische Untersuchungen angewendet werden könne, wenn man für irgend eine fragliche Zeit die Länge der Gestirne angegeben findet.

so kann die Bedeutung der 12 Himmelszeichen nicht mehr gelten. Seit ihrer Einführung sind sie denn auch schon nahe um 30° , also fast um ein ganzes Sternbild vorgerückt, so dass der Frühlingspunct, der damals, wie man sagt, in den Vorderfüßen des Widders stand, sich jetzt im östlichen Ende des westlichen Fisches befindet. Die Zeit, innerhalb deren er alle Sternbilder der Ecliptik durchwandert, beträgt 25868 tropische Sonnenjahre und wird das platonische Jahr genannt.

Während dem Gesagten zufolge die Weltaxe um den Pol der Ecliptik einen Kreis, dessen Halbmesser der Schiefe der Ecliptik gleicht, der Präcession wegen beschreibt, entsteht durch die Nutation eine weit kleinere Rotation derselben. Ist E der Pol der Ecliptik, P jener des Aequators, wenn man von der Nutation abstrahirt, PP' der



Kreis, den er vermöge der Präcession beschreiben würde, so befindet sich P wegen der Nutation auf dem Umfange eines Kreises (vielmehr einer Ellipse) pp'p''p''', den er in 18.6 Jahren durchläuft, ist mithin von E um dessen Halbmesser bald mehr, bald weniger entfernt als P und schreitet dabei gegen P' fort, so dass der Pol eine wellenförmige Linie abc beschreibt.

Desshalb nennt man die Nutation auch ein Schwanken der Erd- oder Weltaxe.

Die Kenntniss der Präcession macht eine neue Bestimmung des Jahres nothwendig. Denn da wir die Zeit, welche die Sonne braucht, um wieder zu demselben Aequinoctialpuncte zu kommen, das tropische Sonnenjahr nannten, welche 365.242255 mittlere Sonnentage enthält; so müssen wir, da die Aequinoctialpuncte jährlich $50.18''$ von Ost gegen West der Sonne entgegenrücken, und diese $20.19.9''$ mittlerer Zeit zur Zurücklegung dieses Raumes benöthigt, das tropische Jahr von der Zeit unterscheiden, welche die Sonne braucht, um die ganze Ecliptik, nämlich 360° , zu durchschreiten. Man nennt sie das siderische Jahr, das mithin auch den Zeitraum umfasst, der für die Sonne nothwendig ist, um zu denselben Fixsternen zurückzukommen. Es beträgt 365.25636 mittlere Sonnentage und ist eine völlig unveränderliche Grösse, wäh-

rend das tropische Jahr eben wegen der Präcession, deren Werth veränderlich ist, sich, wenn auch nur wenig, ändert. Seine längste Dauer beträgt 365 T. 5 St. 49 M. 24.83 Sec., die kürzeste 365 T. 5 St. 48 M. 8.83 Sec.

Da nach dem Vorhergehenden die Jahreszeiten von der Dauer des tropischen Jahres abhängen, so wird im gewöhnlichen Leben nach demselben gerechnet, so dass es mit dem bürgerlichen identisch ist.

36. Ausser der Refraction, Aberration, Präcession und Nutation verändert auch die Parallaxe die relativen Orte der Gestirne. Man versteht im Allgemeinen darunter denjenigen Winkel MSM' , den die von zwei Puncten M, M' zu einem Gestirne S gedachten Gesichtslinien $MS, M'S$ miteinander einschliessen. Sie ist daher auch der Gesichtswinkel, unter welchem vom Gestirne S aus die Entfernung $M'M$ erscheint. Man nimmt den Beobachtungsort M für den einen und den Mittelpunkt O der Erde für den andern Endpunct dieser Entfernung, da man der Vergleichung willen die Beobachtungen auf letzteren reduciren muss; es ist sonach die Parallaxe derjenige Winkel MSO , unter welchen der Erdhalbmesser $MO=r$ in S erscheint.

Ist nun Z das Zenith, Mh der scheinbare und OH der wahre Horizont von M , und bezeichnet man die Entfernung OS des Gestirnes vom Mittelpuncte O der Erde durch d , die Parallaxe MSO durch p , die scheinbare Zenithdistanz ZMS durch z' und die wahre ZOS durch z ; so wird

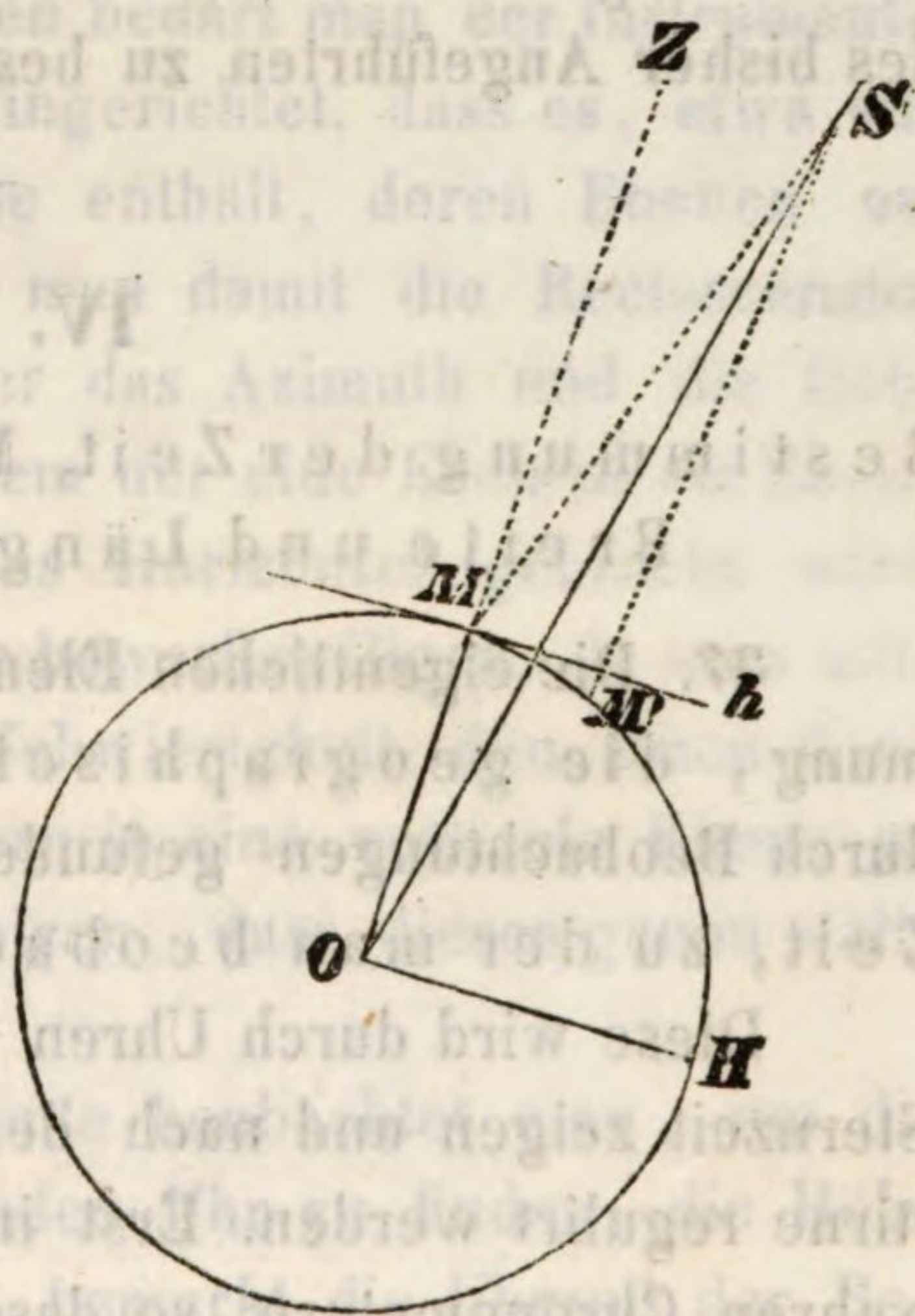
$$(2) \quad z' = z + p,$$

woraus folgt, dass durch die Parallaxe die wahren Zenithdistanzen vergrössert oder die Höhen vermindert werden. Ferner ist aus dem Dreiecke OMS

$$(3) \quad \sin p = \frac{r}{d} \sin z',$$

also p für $z' = 90^\circ$ oder wenn das Gestirn im scheinbaren Horizonte Mh steht, am grössten und heisst dann die Horizontalparallaxe. Bezeichnen wir sie durch p_0 , so wird

$$(4) \quad \sin p_0 = \frac{r}{d} \text{ und wegen (3)}$$



(5) $\sin p = \sin p_0 \sin z'$
 oder da p und p_0 immer sehr kleine Winkel sind,

(6) $p = p_0 \sin z'$ und wegen (2)

(7) $z = z' - p_0 \sin z'$.

Wie die Zenithdistanz, so wird auch die Declination eines Gestirnes durch die Parallaxe verändert. Denn bezeichnet man die scheinbare Declination im Meridiane durch δ' , die wahre durch δ und die Polhöhe durch φ , so wird

(8) $\delta' = \varphi - z'$, also

(9) $\delta = \varphi - z = \varphi - z' + p_0 \sin z' = \delta' + p_0 \sin z'$.

Obwohl man nur die scheinbaren Orte der Gestirne beobachten kann, so unterliegt es doch keiner Schwierigkeit, daraus die wahren mittels des bisher Angeführten zu bestimmen.

IV. Abschnitt.

Bestimmung der Zeit, Mittagslinie, geographischen Breite und Länge. — Grösse der Erde.

37. Die eigentlichen Elemente der geographischen Ortsbestimmung, die geographische Breite und Länge, werden durch Beobachtungen gefunden, die eine genaue Kenntniss der Zeit, zu der man beobachtet, voraussetzen.

Diese wird durch Uhren gemessen, die entweder mittlere oder Sternzeit zeigen und nach der gleichförmigen Bewegung der Gestirne regulirt werden. Erst in unserer Zeit wurden die Uhren zu wahren Chronometern, so dass es scheint, als sei jetzt von Seite der Mechanik in diesem Puncte die höchst mögliche Grenze der Vollkommenheit erreicht. Doch gelang es noch nicht, sie auch völlig frei zu machen von dem Einflusse der Temperatur und von andern störenden Einwirkungen, welche ausserhalb des Gebietes der Mechanik liegen, wesshalb es eigener Beobachtungen bedarf, um sie zu reguliren und den Fehler kennen zu lernen, um welchen sie von der richtigen Zeit abweichen.

Eine Uhr zeigt die richtige relative ^{mittlere} Stern- Zeit, wenn ihr Zeiger während des ^{mittlern} Stern- Tages genau 24 Stunden durchläuft und die richtige absolute, wenn er überdies im Augenblicke

der mittlern Sonne der Culmination des Frühlingspunctes auf Null steht. Die Abweichung der Uhr von der Tagesdauer heisst ihr täglicher Gang, jene von der absoluten Zeit hingegen, die an ihm anzubringende Correction. Diese zu finden, gibt es verschiedene Methoden, indem man die Sonne oder die Fixsterne beobachtet. Besonders die letztern sind zur Zeitbestimmung am geeignetsten, da sie immer nahezu denselben Ort am Himmel einnehmen und die geringen Veränderungen nach dem Vorhergehenden in Rechnung gezogen werden können. Ueberdies haben sie keine Parallaxe, weil sie unmessbar weit von der Erde entfernt sind, so dass nicht blos der Erdradius, sondern sogar der Durchmesser (42 Millionen geographische Meilen) der Erdbahn von ihnen aus wie ein unmessbarer Punct erscheint. Zu den Beobachtungen bedarf man der Instrumente.

Denkt man sich ein solches so eingerichtet, dass es, etwa wie ein Theodolit, zwei eingetheilte Kreise enthält, deren Ebenen auf einander senkrecht stehen; so kann man damit die Rectascension und Declination, Länge und Breite oder das Azimuth und die Höhe eines Gestirnes beobachten, je nachdem der eine Kreis in die Ebene des Aequators, der Ecliptik oder des Horizontes gebracht wird. Am einfachsten kann man das letztere bewerkstelligen, da man mittels einer guten Libelle ohne viele Schwierigkeit den einen Kreis in eine horizontale und also den andern in eine verticale Ebene zu bringen vermag. Wir wollen voraussetzen, dass dieses genau stattfindet *).

Mit einem so gestellten Instrumente beobachtet man, um die Correction einer nach Sternzeit gehenden Uhr zu finden, die Höhe eines Fixsternes am östlichen Himmel, bemerkt die Uhrzeit der Beobachtung, wartet ab, bis der Stern am westlichen Himmel dieselbe Höhe erreicht und bemerkt abermals die Uhrzeit dieses Momentes. Die Mitte zwischen beiden Beobachtungszeiten gibt die Culminationszeit des Sternes, da zu gleichen Höhen auf beiden Seiten des Meridians gleiche (vielmehr um 360° verschiedene) Stundenwinkel gehören. Die Sternzeit der Culmination eines Fixsternes gleicht aber seiner von der Aberration, Präcession und Nutation befreiten Rectascension, die somit in Vergleich mit der Uhrzeit die Correction

*) Es ist übrigens eine einfache Aufgabe der sphärischen Trigonometrie aus der gegebenen Höhe und dem Azimuthe eines Gestirnes nebst der bekannten Polhöhe des Beobachtungsortes die Rectascension und Declination, so wie mit Beziehung der Schiefe der Ecliptik die Breite und Länge des betreffenden Gestirnes zu finden.

der Uhr gibt. Bezeichnet man sie durch x , die Uhrzeit durch u und die Rectascension durch α , so wird

$$(1) \quad x = \alpha - u.$$

Es versteht sich von selbst, dass man zu grösserer Sicherheit der Beobachtung mehrere Höhen zu beiden Seiten des Meridians zu beobachten und das Mittel der so gewonnenen Correctionen zu nehmen habe. Die angeführte Methode der Zeitbestimmung nennt man die der *correspondirenden Höhen*.

Geht die Uhr, nach welcher man die Beobachtungszeiten angibt, nach mittlerer Sonnenzeit, so muss man die Sternzeit der Culmination des Fixsternes, d. h. dessen wahre Rectascension, die man aus den Tafeln nimmt, in mittlere Zeit verwandeln. Dazu hat man, wenn t die Rectascension des Fixsternes, α' die der mittleren Sonne am Mittage und $\Delta \alpha'$ deren Zunahme in 24 Stunden bezeichnet,

$$(2) \quad t = t' + \alpha' + \frac{\Delta \alpha'}{24} t',$$

oder da $\frac{\Delta \alpha'}{24} = 0.0027304$ ist

(3) $t' = 0.9972696 (t - \alpha') = t - \alpha' - 0.0027304 (t - \alpha')$, in welcher Gleichung das letzte Glied die *Acceleration* der Fixsterne heisst.

Anmerkung. 1. Um ein Beispiel über das Vorhergehende zu geben, wollen wir annehmen, man habe an einem bestimmten Tage, wo die Rectascension der mittlern Sonne im Augenblicke der Culmination $11^h 26' 37.61''$ beträgt — das Zeichen h bedeutet Stunde — ein Gestirn beobachtet, das $0^h 48' 17.23''$ zur Rectascension hat. Die Höhen seien beobachtet worden

östlich vom Meridiane,	westlich um
$0^h 40' 30''$,	$0^h 56' 1''$,
$0 \quad 41 \quad 0$,	$0 \quad 55 \quad 32$,
$0 \quad 41 \quad 20$,	$0 \quad 55 \quad 11$,
$0 \quad 41 \quad 30$,	$0 \quad 55 \quad 1$,
$0 \quad 41 \quad 40$,	$0 \quad 54 \quad 49$ Sternzeit
$3 \quad 26 \quad 0$	$4 \quad 36 \quad 34$,

daher

$$\begin{array}{r} 3 \quad 26 \quad 0 \\ 4 \quad 36 \quad 34 \\ \hline 8 \quad 2 \quad 34 : 10 = 0^h 48' 15.4'' \end{array} \text{ die Uhrzeit der Culmination und}$$

$$\begin{array}{r} 0^h 48' 17.23, \\ 0 \quad 48 \quad 15 \quad 40 \\ \hline x = 1.83'' \end{array}$$

in Sternzeit als Correction der nach Sternzeit gehenden Uhr sich ergibt.

Zeigt aber die Uhr mittlere Zeit und hat man Höhen von demselben Sterne beobachtet

östlich	westlich um
13 ^h 12' 30'',	13 ^h 23' 2'',
13 12 40,	13 22 51,
13 12 50,	13 22 42,
13 13 0,	13 22 31,
13 13 10,	13 22 20,
66 4 10	66 53 26 mittlerer

Zeit; so ist

66^h 4' 10''
 66 53 26
 $132 \ 57 \ 36 : 10 = 13^h 17' 45.6''$ in mittlerer Zeit die Uhrzeit der Culmination. Die Culminationszeit des Fixsternes erhält man aber in mittlerer Zeit durch folgende Rechnung aus (3)

$$\begin{array}{r}
 0^h 48' 17.23'' \\
 11 \ 26 \ 37.61 \\
 \hline
 13 \ 21 \ 39.62 - 0.0027304 \times 13^h 21' 39.62'' = \\
 2 \ 7.78 \\
 3.44 \\
 0.11 \\
 \hline
 13 \ 19 \ 28.29'',
 \end{array}$$

daher $x = +1' 42.69''$ in mittlerer Zeit als Correction der nach solcher Zeit gehenden Uhr.

Anmerkung 2. Die angeführte Methode ist, wie man sieht, von der Kenntniss des Meridians, der Polhöhe des Beobachtungsortes, der Declination und selbst der wahren Höhe des Sternes völlig unabhängig und setzt neben der Kenntniss seiner Rectascension nur voraus, dass er während der Beobachtungsdauer seinen absoluten Ort auf der Himmelskugel nicht ändere und dass die Uhr gleichförmig gehe.

Ändert aber das Gestirn seine Declination, wie z. B. die Sonne, so sind die zu gleichen Höhen gehörenden Stundenwinkel nicht mehr gleich und man hat, wenn t' , t'' die vor- und nachmittägigen Beobachtungszeiten, wie sie die nach mittlerer Zeit gehende Uhr angibt, s' , s'' die der beobachteten Höhe h entsprechenden Stundenwinkel sind und t''' die Uhrzeit der Culmination der wahren Sonne bezeichnet,

$$(4) \quad t''' = t' + \frac{1}{15} s',$$

$$(5) \quad t''' = t'' - \frac{1}{15} s'', \text{ also}$$

$$(6) \quad t''' = \frac{1}{2} \left[(t' + t'') + \frac{1}{15} (s' - s'') \right]$$

als Correction des arithmetischen Mittels beider Uhrzeiten.

Um $s' - s''$ zu finden, muss man ausser der beobachteten Höhe h auch die Polhöhe φ des Beobachtungsortes nebst der vormittägigen Declination δ der Sonne und ihrer nachmittägigen δ' kennen. Dies vorausgesetzt hat man

$$(7) \quad \sin h = \sin \varphi \sin \delta' + \cos \varphi \cos \delta' \cos s' \text{ und}$$

$$(8) \quad \sin h = \sin \varphi \sin \delta'' + \cos \varphi \cos \delta'' \cos s'', \text{ woraus sich}$$

$$(9) \quad \sin \frac{1}{2}(s' - s'') = \frac{\sin \varphi \sin (\delta' - \delta'') - 2 \sin h \sin \frac{1}{2}(\delta' + \delta'') \sin \frac{1}{2}(\delta' - \delta'')}{2 \cos \varphi \cos \delta' \cos \delta'' \sin \frac{1}{2}(s' + s'')}$$

ergibt und wobei man für $\frac{1}{2}(s' + s'')$ die halbe in Bogenmaass ausgedrückte Zwischenzeit der Beobachtung, nämlich $\frac{1}{2}(t'' - t')$ nehmen kann. Ueberdies lässt sich (9) in die einfachere Gleichung

$$(10) \quad s' - s'' = (\delta' - \delta'') \left[\frac{\tan \varphi}{\sin \frac{1}{2}(t'' - t')} - \tan \delta' \cotg \frac{1}{2}(t'' - t') \right]$$

verwandeln, wenn man bedenkt, dass statt der Sinus der kleinen Winkel $s' - s''$, $\delta' - \delta''$ ihre Bogen, ferner $\delta' + \delta'' = 2\delta'$ approximativ gesetzt und ebenso für $\sin h$ der Werth aus (7) substituirt werden könne. Somit ist

$$(11) \quad x = \frac{\delta' - \delta''}{15} \cdot \left[\frac{\tan \varphi}{\sin \frac{1}{2}(t'' - t')} - \tan \delta' \cotg \frac{1}{2}(t'' - t') \right]$$

die Correction des genannten arithmetischen Mittels. So erhält man die Uhrzeit t''' des wahren Mittags und daher mit Zuziehung der Zeitgleichung die Correction der Uhr.

Uebrigens pflegt man zu grösserer Sicherheit auch bei der Sonne mehrere Paare correspondirender Höhen zu nehmen und die Mittagsverbesserungen für das Mittel der vor- und nachmittägigen Beobachtungsreihen zu berechnen. Das geeignetste Instrument zu solchen Beobachtungen ist der Spiegelsextant.

38. Aus (11) erkennt man, dass die Methode der correspondirenden Höhen für höhere geographische Breiten nicht verlässlich sei. Man wendet desshalb eine andere Methode an, welche darin besteht, dass man die Axe eines Fernrohres, das auf der horizontalen Axe eines eingetheilten Kreises in einer verticalen Ebene mit diesem bewegt werden kann, genau in den Meridian bringt. Ein solches Instrument, das wir hier fehlerfrei voraussetzen wollen, heisst *Mittagsrohr* oder *Passagen-Instrument*. In der Axe des Fernrohres ist durch einen horizontalen und einen verticalen sehr feinen Faden ein Punct bemerkt, so dass der Stern in dem Augenblicke, an dem er in denselben gelangt, culminirt. Gibt die nach Sternzeit gehende Uhr die Beobachtungszeit t der Culmination eines Fixsterne, dessen Rectascension α ist, so ist

$$(12) \quad x = \alpha - t$$

die Correction der Uhr. Geht sie nach mittlerer Zeit, so muss α früher in die mittlere Zeit t' der Culmination, wie wir schon gezeigt, verwandelt werden und es ist dann

$$(13) \quad x = t' - t$$

die Correction der Uhr gegen mittlere Zeit. Beobachtet man die Sonne, so muss man die Zeitgleichung mit in Rechnung ziehen, um die mittlere Zeit zu erhalten.

Anmerkung. Zur grösseren Sicherheit der Beobachtung und deren Vielfältigung spannt man zu beiden Seiten des die Culmination bestimmenden Fadens zwei oder mehrere andere, deren Distanzen man in Zeit ausdrückt, und reducirt die Beobachtungszeit an jedem auf den mittlern, so dass man auf diese Weise mehrere Beobachtungen desselben Sternes hat, von welchen man das arithmetische Mittel nimmt. Die zu dieser Reduction nöthigen Gleichungen kann man leicht entwickeln, wenn man erwägt, dass die Zenithdistanzen in der Nähe des Meridians sich nicht merklich ändern. — Noch verdient die Methode von *Olters* bemerkt zu werden. Sie besteht in der Beobachtung des Verschwindens von Fixsternen hinter senkrechten und hohen terrestrischen Gegenständen und setzt voraus, dass man durch irgend eine Beobachtung die Sternzeit seines Verschwindens schon kenne. Offenbar werden die beobachteten Sterne, so lange sie ihre Lage am Himmel nicht ändern, täglich um dieselbe Sternzeit verschwinden, so dass zwischen zwei nächsten Verschwindungen desselben Fixsternes genau 24 Stunden Sternzeit oder $23^h 56' 4.09''$ mittlerer Zeit verfliessen. Kennt man aber die absolute Zeit der Verschwindung nicht, so erfährt man durch diese Methode nur den täglichen Gang der Uhr.

39. Aus dem Vorhergehenden ist ersichtlich, wie wichtig es sei, die Lage des Meridians, also der Mittagslinie genau zu kennen, was überdies selbst im gewöhnlichen Leben zu verschiedenen Zwecken unerlässlich ist. Man findet sie am einfachsten durch Beobachtung von correspondirenden Höhen; denn der Gleichung (14) im II. Abschnitt zufolge

$$(14) \quad \cos p = \cos z \sin \varphi - \sin z \cos \varphi \cos \omega$$

gehören für ein Gestirn, das seine Poldistanz nicht ändert, auf beiden Seiten des Meridians zu gleichen Zenithdistanzen oder Höhen auch gleiche (vielmehr um 360° verschiedene) Azimuthe, so dass also in der Mitte des Abstandes der zusammengehörigen Höhen der Südpunct liegt. Sofort hat man, da die absoluten Azimuthe unbekannt sind, am horizontalen Kreise, die den Höhen zugehörigen Winkel abzulesen, die von einem beliebigen Punkte desselben gezählt werden mögen. Sind nun ω_1, ω_2 die zwei der vor- und nachmittägigen Höhe entsprechenden Winkel und ist ω_3 der Abstand des Südpunctes von dem angenommenen Nullpuncte der Zählung, so hat man

$$(15) \quad \omega_3 = \omega_1 + \frac{1}{2} (\omega_2 - \omega_1) = \frac{1}{2} (\omega_1 + \omega_2).$$

Nimmt man mehrere, etwa n , solche Winkel auf beiden Seiten der Mittagslinie; so wird

$$\omega_3 = \frac{1}{2}(\omega_1' + \omega_2'),$$

$$\omega_3 = \frac{1}{2}(\omega_1'' + \omega_2''),$$

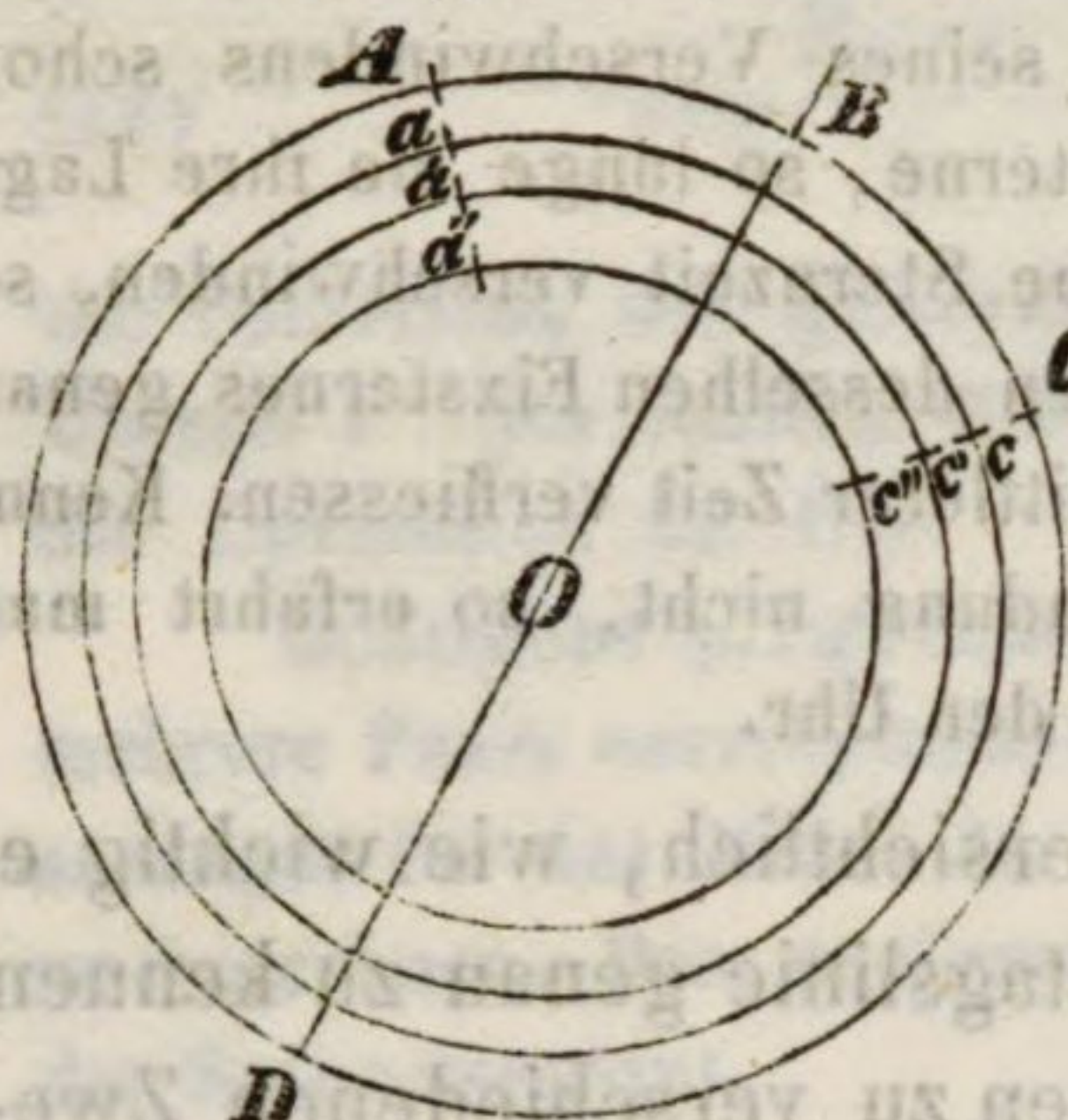
$$\dots\dots\dots$$

$$\omega_3 = \frac{1}{2}(\omega_1^{(n)} + \omega_2^{(n)}), \text{ also}$$

$$(16) \quad \omega_3 = \frac{1}{2n}(\omega_1' + \omega_1'' + \dots + \omega_1^{(n)} + \omega_2' + \omega_2'' + \dots + \omega_2^{(n)}).$$

Es bedarf übrigens kaum einer Erwähnung, dass man mittels (14) für beliebig gewählte Azimuthe die zugehörigen scheinbaren Höhen rechnen, das Instrument danach stellen und die beobachteten Azimuthe mit den angenommenen vergleichen könne, wodurch man die nöthige Correction erhält. Dies setzt die Kenntniss der beiläufigen Lage der Mittagslinie voraus.

Anmerkung. In vielen Fällen genügt die Kenntniss der beiläufigen Lage der Mittagslinie, zu der man auf verschiedene Weisen gelangen kann.



Eine einfache Methode besteht in Folgendem.

Man befestigt auf einer horizontalen Ebene in einem Punkte O, nachdem man aus ihm einen Kreis A B C D beschrieben hat, einen Stift vertical und bemerkt die Punkte A und C der Kreisperipherie, wohin das Ende des vom Stifte geworfenen vor- und nachmittägigen Schattens fällt. Da in diesen beiden Momenten der Schatten des Stiftes gleich lang ist, so hat auch die Sonne nahezu die nämliche Höhe, mithin fast gleiche (um 360° verschiedene) Azimuthe. Halbt man daher den Bogen AC in B, so gibt B O D die ungefähre Richtung der Mittagslinie. Zieht man zu grösserer Sicherheit mehrere concentrische Kreise und verfährt mit jedem auf die nämliche Art, so ist die mittlere Richtung aller Resultate die der Mittagslinie. Die während der Zwischenzeit der Beobachtungen erfolgten Ortsveränderungen der Sonne können ausser Acht gelassen werden, da das Verfahren wegen der Unbestimmtheit der Schattengrenzen ohnehin keine strenge Genauigkeit gewährt. Hat man bei diesem Vorgange etwa die kürzeste Schattenlinie bemerkt, so gibt sie, doch noch ungenauer, die verlangte Richtung unmittelbar.

Dass auch die Magnetnadel zur Kenntniss der beiläufigen fraglichen Richtung diene, so wie der Polarstern zur Nachtszeit, haben wir schon angeführt.

Eben so erhält man sie, wenn man sich um 12 Uhr mittlerer Zeit die Sonne mit dem Beobachtungsorte verbunden denkt. In einem Walde gibt die Erfahrung, dass das Moos an den Bäumen auf der Nordseite wächst, eine beiläufige Orientirung.

40. Da die geographische Breite eines Ortes mit seiner Polhöhe φ identisch ist, so ist nothwendig mit dem Auffinden der einen auch die andere gefunden. Der Methoden, dies zu bewerkstelligen,

Zenithdistanzen und zugehörigen Refractionen. Selbst der Fehler des Instrumentes lässt sich aus

$$(29) \quad f = \frac{1}{2} (p'' - p) - \frac{1}{2} (z_0'' + z_0) - \frac{1}{2} (r'' + r) \text{ oder aus}$$

$$(28) \quad f = -\frac{1}{2} (p' + p'') - \frac{1}{2} (z_0' + z_0'') - \frac{1}{2} (r' + r'')$$

bestimmen und man ist von der Kenntniss der absoluten Zeit völlig unabhängig.

Für die Beobachtung wählt man zwei Fixsterne, wovon der eine auf der Süd- und der andere auf der Nordseite des Zeniths culminirt und zwar solche, deren Zenithdistanzen nahezu gleich sind, weil dadurch die halben Differenzen $\frac{1}{2} (z_0' - z_0'')$, $\frac{1}{2} (z_0 - z_0'')$, $\frac{1}{2} (r' - r'')$ und $\frac{1}{2} (r - r'')$ sehr klein werden und die Unsicherheit der Refraction keinen wesentlichen Einfluss mehr auf das Resultat ausüben kann.

Anmerkung 2. Kennt man die Lage des Meridians nur beiläufig, dagegen die absolute Zeit genau; so kann man mit Zuziehung der Beobachtungszeiten die Polhöhe bestimmen, wenn man aus einer oder mehreren Zenithdistanzen eines Fixsternes oder der Sonne, die in der Nähe des Meridians beobachtet werden, die mittägige Zenithdistanz sucht. Bezeichnet man diese durch z_0 , die zur Zeit $\frac{s}{15}$ der Beobachtung durch $z_0 + \Delta z_0$, die Poldistanz zur Culminationszeit durch p_0 , die bei der Beobachtung durch $p_0 + \Delta p_0$; so hat man ausser den Gleichungen (17), (18) und (19) noch

$$(30) \quad \cos(z_0 + \Delta z_0) = \cos \phi \cos(p_0 + \Delta p_0) + \sin \phi \sin(p_0 + \Delta p_0) \cos s.$$

Erwägt man, dass gemäss der Voraussetzung sowohl Δz_0 als Δp_0 nur sehr klein sein und s nur wenig von 180° oder 360° abweichen könne, so wird

$$(31) \quad \cos z_0 - \Delta z_0 \sin z_0 = \cos \phi \cos p_0 + \sin \phi \sin p_0 \cos s - \Delta p_0 (\cos \phi \sin p_0 - \sin \phi \cos p_0 \cos s),$$

also für obere Culminationen mit Berücksichtigung von

$$(32) \quad z_0 = \pm (\phi - p_0) \text{ oder}$$

$$\cos z_0 = \cos \phi \cos p_0 + \sin \phi \sin p_0$$

$$\Delta z_0 \sin z_0 = \sin \phi \sin p_0 (1 - \cos s) + \Delta p_0 (\cos \phi \sin p_0 - \sin \phi \cos p_0 \cos s)$$

oder da in diesem Falle s nahe 360° ist,

$$\Delta z_0 = \frac{2 \sin \phi \sin p_0 \sin^2 \frac{1}{2} s}{\sin z_0} + \Delta p_0 \frac{\sin(p_0 - \phi)}{\sin z_0}, \text{ also}$$

$$(33) \quad \Delta z_0 = -\frac{2 \sin \phi \sin p_0 \sin^2 \frac{1}{2} s}{\sin z_0} + \Delta p_0,$$

je nachdem das Gestirn auf der Nord- oder Südseite des Zeniths culminirt. Für untere Culminationen ist $\cos s$ nahe -1 , also

$$(34) \quad z_0 = \phi + p_0 \text{ und}$$

$$(35) \quad \Delta z_0 = \frac{2 \sin \phi \sin p_0 \sin^2 \frac{1}{2} s}{\sin z_0} + \Delta p_0.$$

Für Fixsterne ist $\Delta p_0 = 0$.

Diese Methode, die Polhöhe zu bestimmen, heisst die mittels der Circummeridianhöhen. Für die erste Approximation bestimmt man ϕ aus (32) oder (34) und rechnet Δz_0 aus (33) oder (35). Nothwendig

musste man $z_0 + \Delta z_0$ früher statt z_0 nehmen, wesshalb jetzt das corrigirte z_0 in (32) und (34) gesetzt auch φ verbessert, wodurch man mittels (33) und (35) neuerdings Δz_0 genauer erhält und so fortfährt, bis die Correctionen von φ als Null betrachtet werden können.

41. Die genaue Bestimmung der zweiten Coordinate eines Ortes, der geographischen Länge, unterliegt weit grössern Schwierigkeiten, als die der Polhöhe. Die einfachste Methode bieten die Chronometer dar. Kennt man den Gang eines Chronometers vollkommen genau, so dass man den Zeitpunkt des Eintreffens einer Himmelserscheinung nach demselben an einem Orte angeben kann, z. B. die Uhrzeit t der Culmination eines Gestirnes; so wird, wenn man dieselbe Erscheinung mit dem nämlichen Chronometer an einem andern Orte beobachtet und t' als Uhrzeit findet, $t - t'$ der Längenunterschied beider Oerter sein. Ist $t - t'$ positiv, so liegt der zweite Ort östlich gegen den ersten. Ist $t - t'$ negativ, so liegt der zweite Ort westlich gegen den ersten. Ist der eine Ort der Ursprung der Coordinaten, oder kennt man seine Länge, so ist nach dieser Methode auch die des andern bestimmt.

Eine andere Methode besteht in der Beobachtung von Erscheinungen, die an zwei oder mehreren Oertern in demselben Zeitmomente erfolgen. Nothwendig sind dann die Unterschiede der Beobachtungszeiten der einzelnen Oerter zugleich die Längenunterschiede derselben. Als solche tautochrone Erscheinungen dienen:

1) Die Mondesfinsternisse. Man beobachtet den Eintritt des Mondrandes und seiner Flecken in den Schatten, so wie den Austritt aus ihm. Obwohl man so mehrere Beobachtungen zugleich erhält, aus denen man das Mittel nehmen kann, so gewähren sie doch nur wenig Genauigkeit wegen der unvollkommenen Begrenzung des Erdschattens auf dem Monde.

2) Die Verfinsterungen der Jupiterstrabanten, welche wohl häufig vorkommen, allein keine genügende Genauigkeit gewähren und zur See wegen des Schwankens der Schiffe gar nicht genau beobachtet werden können.

3) Die Pulversignale, welche durch Entzünden von einigen Loth Schiesspulvers gegeben werden. Man wendet sie nur auf geringe Entfernungen an und sie können desshalb, so wie wegen der ungemein grossen Geschwindigkeit des Lichtes als gleichzeitige Erscheinungen betrachtet werden, an allen Orten, wo man sie sehen kann. Sie gewähren sehr grosse Genauigkeit und man kann diese ganz einfache Methode der Längenbestimmung durch zweckmässige Verbindung mehrerer Signale auf grosse Strecken ausdehnen.

42. Die genauesten Methoden zur Längenbestimmung bietet der Mond dar. Die eine darunter besteht in der Beobachtung der Culmination des Mondes und eines Fixsternes an verschiedenen Orten und stützt sich auf die sehr schnelle Aenderung der Rectascension des erstern, die in einem Tage bis 15° beträgt, wesshalb die Rectascensionen des Mondes zur Zeit seiner Culmination in zwei verschiedenen Meridianen verschieden ist, während die des nahe an jenem stehenden und beobachteten Fixsternes unverändert bleibt. Dabei beobachtet man immer einen Mondrand oder besser beide, da sich der Mittelpunkt nur höchst unsicher beobachten lässt. (Dasselbe gilt auch für Beobachtungen der Sonne). Ist nun t der durch die Beobachtung der Culminationen gefundene Unterschied der wahren Rectascension des Mondrandes und des Fixsternes zur Zeit der Culmination des Mondes an dem einen und t' an dem andern Orte, so ist, wenn τ in Theilen einer Stunde Sternzeit die Aenderung der Mondesrectascension während einer Stunde Sternzeit bezeichnet,

$$t(1 - \tau) \text{ für den einen Ort und}$$

$$t'(1 - \tau) \text{ „ „ andern}$$

die Rectascensionsdifferenz des Mondrandes und des Fixsternes zur Zeit der Culmination des Fixsternes, auf welche sie, wie man leicht erkennt, reducirt werden muss. Sofort ist

$$(t - t')(1 - \tau)$$

die wahre Aenderung der Rectascension des Mondes während der zwischen den Culminationen des Fixsternes an den beiden Orten verflossenen Zeit. Bezeichnet endlich x ihre Längendifferenz, so hat man

$$\frac{\tau}{1} = \frac{(t - t')(1 - \tau)}{x}, \text{ mithin}$$

$$x = (t - t') \frac{1 - \tau}{\tau}.$$

43. Kennt man die Coordinaten zweier Oerter auf der Erde, so lässt sich ihre Entfernung von einander auf einfache Weise bestimmen. Denn sind sie φ, λ für den einen und φ', λ' für den andern, so wird, wenn e ihre Entfernung bezeichnet,

$$\cos e = \sin \varphi \sin \varphi' + \cos \varphi \cos \varphi' \cos (\lambda - \lambda'),$$

in welcher Gleichung für Oerter auf der südlichen Halbkugel die geographische Breite negativ in Rechnung genommen wird und stets $e \leq 180^\circ$ zu rechnen ist. Um die Entfernung in geographischen

Meilen zu erhalten, hat man nur das in Graden ausgedrückte e mit **15** zu multipliciren.

Wird $\varphi = \varphi' = 0$, so hat man $e = \pm (\lambda - \lambda')$; d. h. für Orte im Aequator gleicht die Entfernung ihrer Längendifferenz.

Ist $\lambda = \lambda'$, so wird $e = \pm (\varphi - \varphi')$; d. h. die Entfernung zweier Oerter in demselben Meridiane gleicht der Differenz ihrer geographischen Breiten, wenn sie auf der nämlichen Halbkugel, wenn nicht, so ihrer Summe zufolge der oben gemachten Bemerkung.

Liegen beide Oerter in demselben Parallelkreise, so wird $\varphi = \varphi'$, also

$$\sin \frac{1}{2} e = \pm \cos \varphi \sin \frac{1}{2} (\lambda - \lambda').$$

Auf dem Parallelkreise selbst ist

$$\frac{5400}{360} \cos \varphi = 15 \cos \varphi$$

die Länge eines Grades in geographischen Meilen.

44. Da man den **15.** Theil eines Grades von einem grössten Kreise der Erdkugel eine geographische Meile nennt; so ist es leicht, sowohl den Halbmesser als die Grösse der Oberfläche und den Cubikinhalt der Erde in solchen Maasseinheiten anzugeben. Dazu hat man bekanntlich, wenn r den Halbmesser, O den Inhalt der Oberfläche, C den Cubikinhalt und U den Umfang bezeichnet,

$$r = \frac{U}{2\pi},$$

$$O = 4r^2\pi = 2rU \text{ und}$$

$$C = \frac{4}{3}r^3\pi = \frac{2}{3}r^2U = \frac{1}{3}rO.$$

Sofort ist für die Erde, da $U = 5400$ geogr. Meilen ist,

$$r = 859.4348 \text{ geogr. Meilen,}$$

$$O = 9.281,896 \text{ geogr. Quadratmeilen und}$$

$$C = 2.659,073.000 \text{ geogr. Cubikmeilen.}$$

V. Abschnitt.

Genauere Bestimmung der Gestalt und Grösse der Erde.

45. Bisher haben wir die Erde als eine vollkommene Kugel betrachtet, wenn gleich die Beweise, welche wir über diesen Punct gaben, ihrer Natur nach uns nur zu dem Schlusse berechtigten, dass die Gestalt der Erde, falls sie nicht genau der Kugel gleicht, nur wenig von der Kugelform abweichen könne. Und dies ist denn auch

in der That der Fall. Wohl war es ein grosser Fortschritt der wiederbelebten Wissenschaft, dass die Kugelgestalt der Erde anerkannt wurde; — denn diese Kenntniss war bis in das späte Mittelalter hinauf wieder erloschen, obwohl ältere Völker in ihrem Besitze gewesen — allein sie genügte der neuern Zeit nicht und es war derselben vorbehalten, die Form der Erde näher, genauer anzugeben. Dies geschah zu Ende des 17. Jahrhunderts durch *Newton* und *Huygens*, als der erstere das wichtige Gesetz der allgemeinen gegenseitigen Anziehung (Gravitation) der Materie gefunden hatte. Beide behaupteten, dass die Erde keine Kugel, sondern ein durch die Umdrehung einer Ellipse um ihre kleine Axe erzeugtes Ellipsoid sei, welches man auch Sphäroid nennt. Sie sprachen diese Behauptung aus, obwohl die directe Messung in Frankreich durch *Cassini* ihr schnurstracks entgegen war.

Soll nämlich die Erde ein Sphäroid sein, so müssen die Grössen der Breitengrade mit deren Entfernung von den Polen abnehmen. *Cassini's* Messungen zeigten das Gegentheil, und es müsste zufolge derselben die Erde ein Ellipsoid sein, das durch die Umdrehung einer Ellipse um die grosse Axe gebildet wird. Indess wurde die durch *Richer* gemachte Beobachtung, dass die Schwere gegen den Aequator zu abnehme, von *Newton* nicht nur als empirischer Beweis für die Rotation der Erde, sondern auch für die sphäroidische Gestalt derselben anerkannt. Und in der That, rotirt die Erde wirklich um ihre Axe, so kann sie nicht die reine Kugelform haben, sondern musste, da die Materie, woraus sie besteht, einmal flüssig gewesen, (was schon lange ausser Zweifel gesetzt ist) nach den Gesetzen der Mechanik nothwendig die Form eines Ellipsoides erhalten, das durch die Umdrehung einer Ellipse um die kleine Axe entsteht. Denn vermöge der Tangentialkraft erhielt jeder Punct der Erdoberfläche das Bestreben, nach der Richtung der Tangente des Kreises, auf dessen Peripherie er der Schwere willen sich befand, sich abzuschwingen. Dadurch mussten die im Aequator sich am meisten, die in den Parallelkreisen hingegen sich weniger von der Drehungsaxe entfernen, während die an den Polen nur in so weit afficirt werden konnten, als sie mit denen der Parallelkreise gegen die gelockerte Masse des Aequators einzusinken suchten. Diese Schlüsse machten *Newton* und *Huygens* und bestimmten nach theoretischen Gründen das Verhältniss der beiden Axen, wofür ersterer $\frac{229}{230}$ und letzterer $\frac{577}{578}$ angab, indem beide verschiedene und zwar unrichtige Zahlen für die grosse Axe zu Grunde legten.

46. Obwohl die Axendrehung der Erde ein unverkennbar triftiger Beweis für deren sphäroidische Gestalt ist; so wurde doch wegen der Wichtigkeit des Gegenstandes der Streit darüber zwischen den Anhängern *Newton's* und jenen *Cassini's* fast ein halbes Jahrhundert hindurch mit grossem Eifer fortgeführt, bis letztere zugaben mussten, dass die *Cassini'schen* Messungen, abgesehen von der Möglichkeit vorgefallener Unrichtigkeiten, wegen der zu geringen Ausdehnung den Streit gar nicht entscheiden konnten. Man schlug daher vor, neue Messungen auszuführen, was auch geschah.

Offenbar sind directe Messungen, wenn sie mit der nöthigen Vorsicht und Genauigkeit ausgeführt werden, die sicherste Basis, über die Gestalt der Erde zu entscheiden, und zugleich ihre Grösse zu bestimmen. Schon bei den Alten finden wir solche, wenn auch äusserst unvollkommene Versuche, welche eben nur die Bestimmung der Grösse der Erde, die sie als Kugel betrachteten, zum Zwecke hatten. Unter dieser Voraussetzung genügt auch eine einzige auf dem nämlichen Meridiane vorgenommene Messung, wenn man von den damit unvermeidlich verbundenen Fehlern abstrahirt. Denn bezeichnet r den Erdhalbmesser, l die Länge des gemessenen Bogens φ und φ' die Polhöhen seiner beiden Endpunkte, so ist

$$\frac{l}{2r\pi} = \frac{\varphi - \varphi'}{360^\circ}, \text{ also}$$

$$r = \frac{l}{\pi} \cdot \frac{180^\circ}{\varphi - \varphi'}.$$

Die erste bekannte Messung unternahm ungefähr dritthalb hundert Jahre vor Ch. G. der Alexandriner *Eratosthenes*. Er setzte dabei voraus, dass *Syene* und *Alexandria* unter einem Meridiane lägen. Da zur Zeit des Solstitiums die Sonne auf den Grund eines tiefen Brunnens zu *Syene* schien, so schloss er, dass sie zu dieser Zeit daselbst im Zenithe stehe. Zu eben der Zeit fand er, dass die mittägige Zenithdistanz zu *Alexandria* $\frac{1}{50}$ der ganzen Kreisperipherie, also $7^\circ 12'$ betrage, was somit die Bogenentfernung beider Oerter war. Da er nun diese als 5000 Stadien betragend voraussetzte, so hatte ein Grad die Länge von $5000 : \frac{36}{5} = 694 \frac{4}{9}$ Stadien.

Allein diese Messung konnte unmöglich ein richtiges Resultat liefern, da *Syene* um 3° östlich von *Alexandria* liegt, und die angenommene Entfernung beider Oerter gewiss eben so wenig für zuverlässlich erklärt werden kann, als die Bestimmung der Zenithdistanz nach der damaligen Methode. Man verglich nämlich die gleichzeitige Länge des Schattens an zwei unter demselben Meri-

diane gelegenen Oertern, deren Entfernung als bekannt vorausgesetzt wurde oder mass nur die Schattenlänge an dem einen zu der Zeit, wo der andere die Sonne im Zenithe hatte, um die Zenithdistanzen zu erhalten. Es habe der Ort A die letzte Eigenschaft, wesshalb ein daselbst vertical aufgestellter Stab Aa gar keinen Schatten wirft, in B aber, wo die Sonnenstrahlen als mit denen zu A parallel einfallend betrachtet werden können, BD die Schattenprojection des verticalen Stabes Ba ist; man hat daher

$$\frac{aD}{Ba} = \tan B a D = \tan A C B.$$

Offenbar gewährt diese Methode keine Sicherheit, da man die Länge des Schattens nicht mit der Genauigkeit messen kann, welche zu einem richtigen Resultate nothwendig ist.

Etwa 200 Jahre nach *Eratosthenes* unternahm *Possidonius*, ein Zeitgenosse *Cicero's*, eine noch unverlässlichere Messung.

Der alexandrinische Astronom *Ptolomäus* zeigte hierauf der erste, dass es gar nicht nothwendig sei, den Bogen auf einem Meridiane selbst zu nehmen, wenn nur der Winkel, welchen seine Richtung mit dem Meridiane einschliesst, bekannt ist.

Den nächsten weitem Versuch liess 827 der Chalif von Bagdad *Al Maimon* machen, indem in der Ebene *Sinear* nach der Richtung eines Meridians mit Stäben so lange fortgemessen wurde, bis am gleichen Tage die Zenithdistanz der Sonne um 1° verschieden gefunden wurde. Daraus ergab sich die Länge eines Grades ungefähr auf 58700 Toisen, was um etwa 1700 Toisen zu viel ist.

Bis zu Anfang des 16. Jahrhunderts wurde keine Messung vorgenommen, da selbst die Lehre von der Kugelgestalt der Erde verloren gegangen war. Erst 1525 bestimmte der französische Arzt *Fernel* die Länge des Grades zwischen *Paris* und *Amiens*, indem er in einem Wagen, dessen Radumläufe den zurückgelegten Weg angaben, so lange nordwärts fuhr, bis er an eine Stelle kam, die um 1° in ihrer Polhöhe von der pariser verschieden war. Er fand 57070 Toisen als Grادلänge, was mit den neuern Messungen fast ganz übereinstimmt, jedoch nur zufälliger Weise, indem er sich sowohl zur Bestimmung der Polhöhe eines eben nicht viel Genauigkeit gewährenden Instrumentes bediente, als auch für die Reduction der vielen Krümmungen bei dem gemessenen Wege auf die gerade Linie nur

nach einer willkürlichen, wiewohl äusserst glücklichen Schätzung, gerade so viel abzog, dass die obige Zahl sich als Resultat ergab.

Der erste, welcher mittels einer genau gemessenen Standlinie durch Triangulirung die Bogenlänge eines Meridians bestimmte, war der Holländer *Snellius*. Er mass so 1615 die Entfernung zwischen *Alkmaar* und *Berg op zoom* und fand 55021 Toisen als Gradlänge, welche 1729 *Muschenbroek*, da sowohl bei den Messungen als den Berechnungen Irrthümer vorgekommen waren, nach dessen Arbeiten auf 57033 Toisen verbesserte.

Bald nach *Snellius* 1633—1635 combinirte der Engländer *Norwood* die Methode des erstern mit der von *Fernel* und fand, indem er zwischen *London* und *York* einen Breitengrad mass, 57300 oder nach andern Angaben 57424 Toisen als Länge desselben.

Die hierauf zufolge einer Anordnung *Ludwig's* XIV. durch *Pierre Picard* ausgeführte Messung des Meridians zwischen *Amiens* und *Malvoisine* gab ein mit den späteren Messungen übereinstimmendes Resultat, nämlich 57060 Toisen für die Gradlänge in der Breite von *Amiens*, allein wieder nur durch den Zufall einer glücklichen Compensation mehrerer begangenen Fehler.

Zu eben der Zeit hatte *Newton* $\frac{229}{230}$ als Verhältniss der beiden Axen der Erde angegeben und bald darnach 1718 *Cassini* die durch *La Hire* nordwärts bis *Dünkirchen* und durch ihn selbst südwärts bis *Perpignan* ausgeführten Messungen bekannt gemacht, welchen zufolge ein Grad zwischen *Paris* und *Bourges* 57098, zwischen *Paris* und *Amiens* 57060, zwischen *Paris* und *Dünkirchen* 56970 Toisen betrug. Dieses Resultat war, wie schon gesagt, der Theorie *Newton's* und *Huygen's* gerade entgegen.

47. Um den darüber unter den Gelehrten entstandenen Streit zu entscheiden, beschloss 1735 *Ludwig* XV. am Aequator selbst und zwar in *Peru* durch *Bouguer*, *Condamine* und *Godin* die Länge eines Grades messen zu lassen, für welche man 56753 Toisen fand. Zu gleicher Zeit bestimmten *Maupertuis*, *Clairaut*, *Lemonnier*, *Camus* nebst *Outhier*, mit welchen Gelehrten sich noch der Schwede *Celsius* verband, in Lappland unter der Breite von 66° 20' die Länge eines Grades und fanden 57437 Toisen dafür. Somit war die Behauptung *Newton's* ausser Zweifel gesetzt, obwohl die lappländische Messung bald als fehlerhaft erkannt wurde; denn es genügten die in Frankreich.

Es ist klar, dass man jetzt zweier Messungen bedurfte, während man unter Voraussetzung der Kugelform der Erde, welche

durch den Halbmesser bestimmt ist, nur e i n e nothwendig hatte, da das Sphäroid von den beiden Halbaxen *a* und *b* abhängt. Ist *a* die grosse und *b* die kleine, so nennt man

$$\frac{a-b}{a} = \alpha$$

die A b p l a t t u n g der Erde.

Durch Verbindung der *peruanischen* Messung mit der *lappländischen* ergibt sich

$$\alpha = \frac{1}{209},$$

der *peruanischen* mit der *französischen* zu *Amiens*

$$\alpha = \frac{1}{324}$$

und der letztern mit der *lappländischen*

$$\alpha = \frac{1}{115},$$

welchen Resultaten zufolge nur die mit besonderem Fleisse und aufmerksamer Vorsicht ausgeführte peruanische als verlässlich erkannt wurde.

Seitdem wurden zu den verschiedenen Zeiten in den entlegensten Gegenden der Erde verlässliche Messungen ausgeführt, wohin die *englische* durch *Mudge*, die *lappländische* durch *Scromberg* und *Ofverbom*, die zwei *ostindischen* durch *Lambton*, die *französische* von *Formentera* bis *Dünkirchen* durch *Arago*, *Biot*, *Delambre* und *Méchain*, die *hannoveranische* durch *Gauss*, eine *dänische*, die *liefländische* durch *Struve* und die *preussische* durch *Bessel* gehören. Andere, wie die in *Italien* durch *Lemaire* und *Boscovich*, später durch *Beccaria*, die am *Cap*, die in *Oesterreich* durch *Pater Liesganig* und die in *Pennsylvanien* durch *Masson* und *Dixon* ausgeführten stehen den ersteren weit an Genauigkeit nach. *Bessel* benützte zur Bestimmung der Halbaxen zehn Gradmessungen und fand den Halbmesser

des Aequators $= 3,272.077.14$ Toisen, den

des Pols $= 3,261.139.33$ „ und

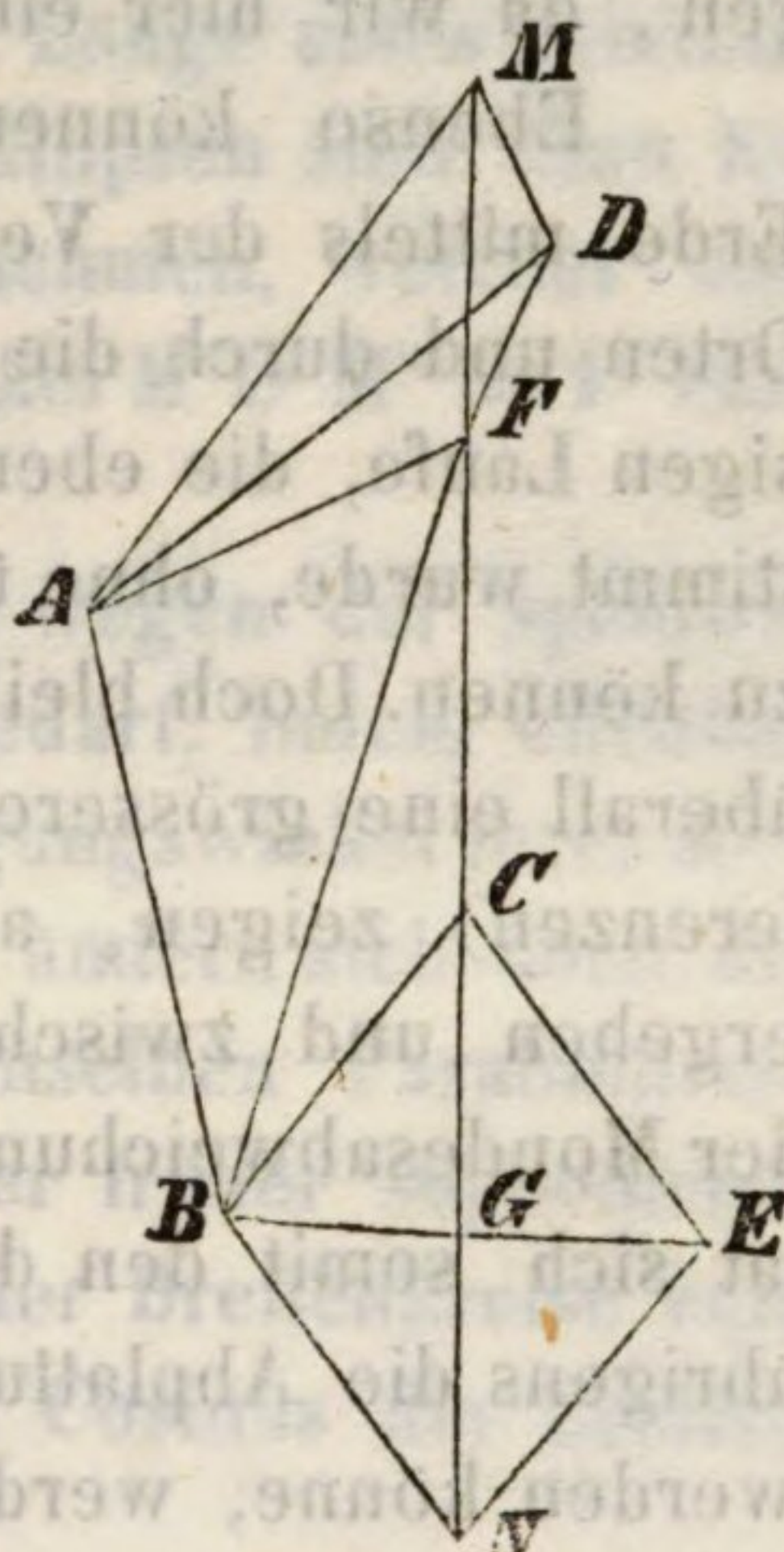
die Abplattung $\alpha = \frac{1}{299.152}$

A n m e r k u n g. Der k. k. österreichische General-Quartiermeisterstab nimmt

$\alpha = \frac{1}{310}$ und

die grosse Halbaxe $= 3,362.034$ wiener Klaft. $= 3,271.426$ Toisen.

48. Bei diesen Messungen geht man im Allgemeinen auf folgende Weise vor. Man misst mit aller Schärfe und wiederholt, bei Anwendung von Vorsichtsmaassregeln, die sich bis ins kleinste Detail erstrecken müssen, eine Basis AB unmittelbar mittels Messstangen, bei denen auch die geringsten, durch Temperatur, u. s. w. verursachten Einflüsse ihrer Grösse nach bekannt sein müssen. Ist nun etwa MN der zu messende Gradbogen, so sucht man, da die Basis keine zu grosse Ausdehnung haben kann, mittels ausgewählter Punkte C, D, E Dreiecke zu erhalten und dadurch MN in die Theile MF, FC, CG, GN zu zerlegen. In jedem Dreiecke werden alle drei Winkel auf das sorgfältigste mittels Instrumenten, welche die möglichste Genauigkeit gewähren, vielfältig beobachtet. Wie die Erfahrung zeigt, können diese Winkel bei der gegenwärtigen Vollkommenheit der Instrumente mit solcher Genauigkeit gemessen werden, dass die Summe aller drei beobachteten Winkel von der wahren um weniger als eine Secunde differirt. Diese wird aber, da die Dreiecke keine ebenen sind, immer grösser als 180° sein, welchen Ueberschuss man den sphärischen Excess nennt. Man zieht ihn zu gleichen Theilen von den drei Winkeln der Dreiecke, die man als sphärische betrachtet, ab, worauf man sie, da ihre Seiten nicht zu gross angenommen werden dürfen, wie ebene behandeln kann. Auf diese Weise erhält man die einzelnen Theile von MN , nämlich



$$MN = MF + FC + CG + GN = l.$$

Hat man endlich auch die Polhöhen φ und φ' von M und N gemessen, so wird, wenn ρ der Halbmesser des Bogens MN und λ die Länge eines Grades auf ihm ist,

$$l = \rho (\varphi - \varphi') \text{ und}$$

$$\frac{\lambda}{l} = \frac{\pi}{180 (\varphi - \varphi')}, \text{ also}$$

$$\lambda = \frac{\pi l}{180 (\varphi - \varphi')},$$

wobei φ und φ' in Theilen desjenigen Winkels, dessen messender Bogen dem Halbmesser gleicht, zu nehmen sind.

Es würde uns zu weit von dem vorgesteckten Ziele entfer-

nen, wenn wir auch über die Nebenbestimmungen für die Zwischenpunkte und von den Correctionen sprechen wollten, welche nothwendig sind, wenn M und N nicht in demselben Meridiane liegen, da wir hier einen idealen Fall voraussetzten.

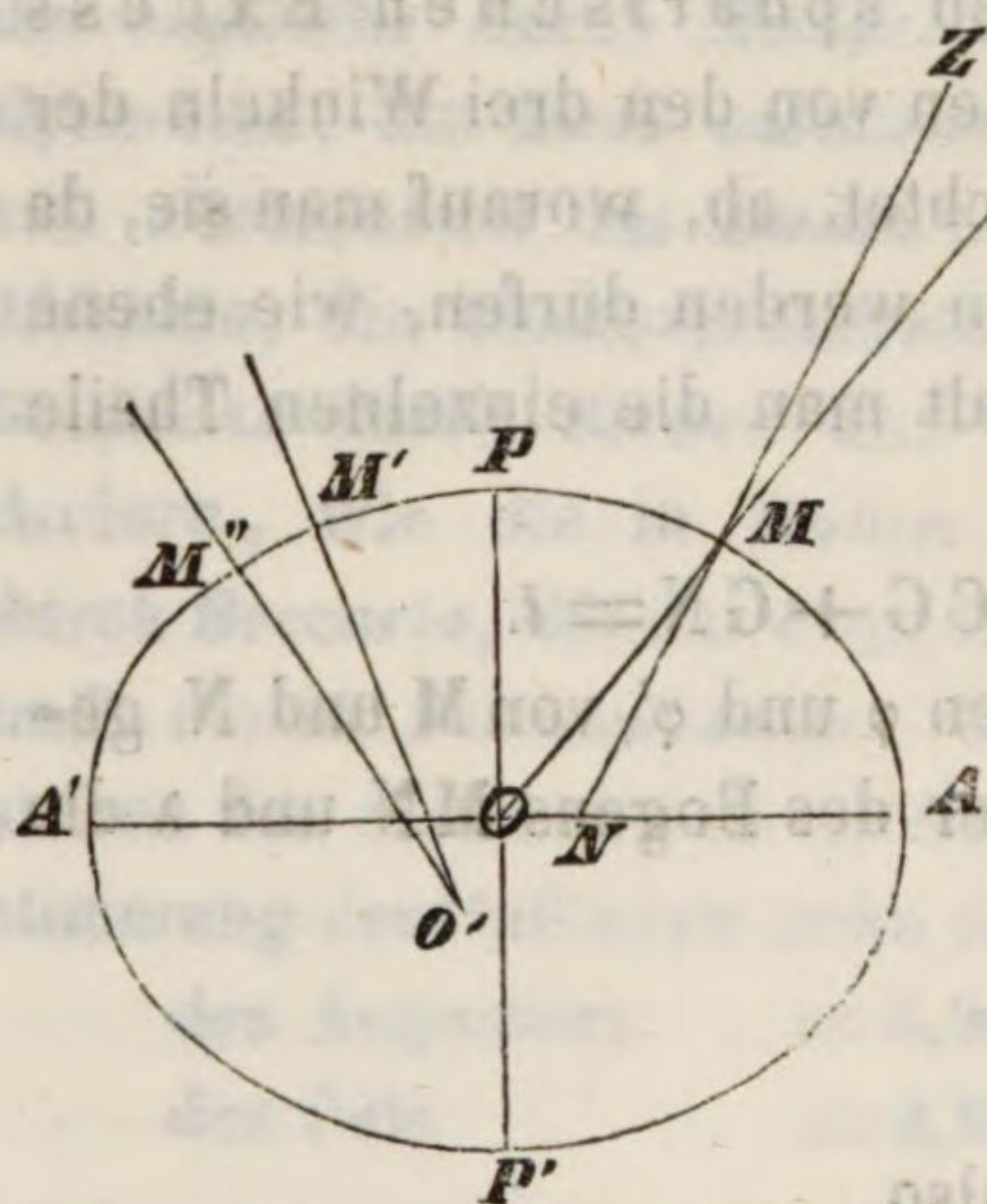
Ebenso können wir nur bemerken, dass die Abplattung der Erde mittels der Vergleichung der Pendellängen an verschiedenen Orten und durch die Abweichungen des Mondes von dem regelmässigen Laufe, die eben von der Abplattung der Erde abhängen, bestimmt wurde, ohne über die Art, wie man dabei vorgeht, sprechen zu können. Doch bleibt es merkwürdig, dass die Pendelschwingungen überall eine grössere Abplattung (und dabei sehr bedeutende Differenzen) zeigen, als die meisten Gradmessungen, indem sie $\frac{1}{289}$ ergeben und zwischen $\frac{1}{266}$ und $\frac{1}{304}$ schwanken, während mittels der Mondesabweichungen für sie $\frac{1}{299}$ gefunden wird, welches Resultat sich somit den directen Messungen sehr nahe anschliesst. Wie übrigens die Abplattung der Erde aus zwei Gradmessungen bestimmt werden könne, werden wir in dem Folgenden noch zeigen.

49. Es ist klar, dass wegen der sphäroidischen Gestalt der Erde unsere früheren Bestimmungen, welche wir unter der Voraussetzung, dass die Erde eine Kugel sei, machten, einiger Correctionen bedürfen. Zunächst ist der Meridian eines jeden Ortes kein Kreis, sondern eben jene Ellipse, durch deren Umdrehung das elliptische Sphä-

roid entsteht. Ist $A'PAP'A'$ der Meridian des Ortes M, so geht die Verticale MN nicht durch den Mittelpunkt O der Ellipse, ausser wenn M an einem Endpunkte einer der beiden Axen $A'A$, $P'P$ liegt, so wie umgekehrt die Gerade OM in ihrer Verlängerung das Zenith Z von M nicht treffen kann. Offenbar ist aber der Winkel $MNA = \varphi$ die geographische Breite, wie wir sie früher bestimmten, da er den Abstand des Himmelsäquators vom Zenithe an-

gibt, also der Polhöhe gleicht; desshalb heisst er auch die astronomische (scheinbare) Breite zum Unterschiede von dem Winkel $MOA = \varphi'$, welcher die geocentrische (wahre) genannt wird und um den Winkel $OMN = \varphi''$, den der elliptische Halbmesser mit der Verticale einschliesst, verschieden ist, so dass man immer

$$\varphi = \varphi' + \varphi''$$



hat. Dieser Unterschied ist stets zu berücksichtigen, wenn man die scheinbaren Orte naher Gestirne, z. B. einiger Planeten und des Mondes, auf die wahren reducirt.

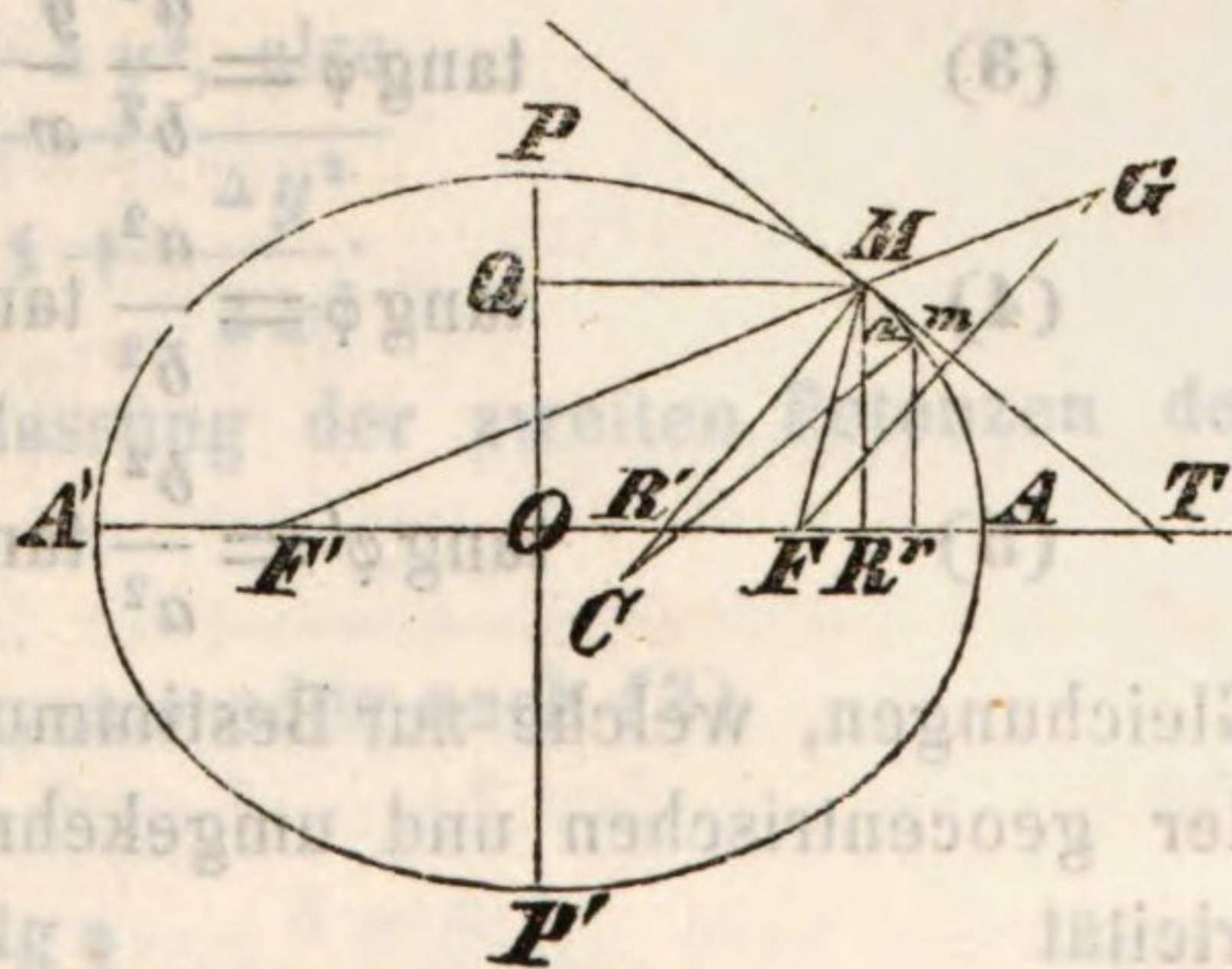
Nothwendig muss auch der Begriff der Länge eines Breitengrades abgeändert werden, da die Meridiane Ellipsen sind. Man hat nämlich jenen elliptischen Bogen dafür zu nehmen, welcher von zwei Normalen $M'O'$ und $O'M''$, die den Winkel $M'O'M'' = 1^\circ$ einschliessen, abgeschnitten wird.

Obwohl ferner die geographische Länge wegen der sphäroidischen Gestalt der Erde keiner Correction bedarf, indem offenbar der Längenunterschied zweier Punkte dem Neigungswinkel ihrer Meridiane gegen einander proportional bleibt; so ändern sich doch die Grössen ihrer Längengrade, die wohl für denselben Parallelkreis unter einander gleich sind, anders als bei der früher supponirten Kugelgestalt der Erde, indem die Halbmesser der Breitenkreise vom Aequator nord- und südwärts nicht mehr dem Cosinus der Breiten proportional abnehmen.

Ausser diesen Elementen ändern sich auch die Azimuthe, da der Horizont nicht mehr vollkommen kreisförmig sein kann, sondern in der Richtung von Ost nach West mehr als in der von Nord nach Süd ausgedehnt ist.

Endlich ändert sich auch wesentlich die Entfernung zweier Oerter von einander, da ihre Verbindungslinie kein grösster Kreis mehr ist, dann die Oberfläche und der Cubikinhalt der Erde.

50. Es sei O der Mittelpunkt des elliptischen Meridians von M und zugleich der Coordinatenursprung, die grosse Halbaxe $OA = a$ die positive Halbaxe der x , die kleine $OP = b$ die positive Halbaxe der y , PP' die Erdaxe, AA' ein Aequatorsdurchmesser, der Radiusvector $F'M = r_1$, $MF = r$, der Abstand der Brennpunkte von O , nämlich $F'O = OF = c$. Der Punkt M habe φ zur astronomischen und φ' zur geocentrischen Breite, so wie $OR = x$ und $MR = y$ zu seinen Coordinaten. Unter diesen Voraussetzungen ist



$$r + r_1 = 2a,$$

$$r^2 = y^2 + (x - c)^2,$$

$$r_1^2 = y^2 + (x + c)^2, \text{ also}$$

hat. Dieser Unterschied ist also zu berücksichtigen, wenn man die scheinbaren Orte naher Gestirne, z. B. einiger Planeten und des

Mondes, auf die wahren reduziert. Nöthwendig muss auch der Betrag der Länge eines Breiten-

grades abgeändert werden, da die Meridiane gekrümmt sind. Man hat nämlich jenen elliptischen Bogen MM' zwischen zwei Normalen $M'O'$ und $O'M'$ = 1° ein-

$$(1) \quad \frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1, \text{ wobei} \\ a^2 - c^2 = b^2$$

ist. Verlängert man $F'M$ und macht $MG = MF$, so steht FG senkrecht auf die Tangente (Horizontale) MT des Punctes M und man hat aus den Dreiecken $F'MR'$ und $F'GF$

$$\frac{F'G}{F'F} = \frac{F'M}{F'R'}, \text{ also}$$

$$F'R' = c + \frac{c^2}{a^2} x \text{ und}$$

$$(2) \quad F'R - F'R' = R'R = c + x - c - \frac{c^2}{a^2} x = \frac{b^2}{a^2} x.$$

Man nennt die Verticale MR' auch die Normale von M und RR' die Subnormale. Mittels (2) findet man, da

$$\tan \varphi = \frac{MR}{RR'} \text{ und}$$

$$\tan \varphi' = \frac{y}{x} \text{ ist,}$$

$$(3) \quad \tan \varphi = \frac{a^2 y}{b^2 x}, \text{ also}$$

$$(4) \quad \tan \varphi = \frac{a^2}{b^2} \tan \varphi' \text{ und}$$

$$(5) \quad \tan \varphi' = \frac{b^2}{a^2} \tan \varphi,$$

Gleichungen, welche zur Bestimmung der astronomischen Breite aus der geocentrischen und umgekehrt dienen. Setzt man die Excentricität

$$\frac{\sqrt{a^2 - b^2}}{a} = \frac{c}{a} = \varepsilon,$$

so wird auch

$$(6) \quad \tan \varphi = \frac{\tan \varphi'}{1 - \varepsilon^2} \text{ und}$$

$$(7) \quad \tan \varphi' = (1 - \varepsilon^2) \tan \varphi$$

und es besteht zwischen ε und der Abplattung α der Erde die Relation

$$\varepsilon^2 = 2\alpha - \alpha^2.$$

Ebenso lässt sich der Halbmesser $MQ = x$ des Parallelkreises von M durch φ ausdrücken; denn da

$$y = x \tan \varphi'$$

ist, so hat man

$$y^2 = x^2 \tan^2 \varphi' \text{ oder}$$

$$a^2 - x^2 = \frac{b^2}{a^2} x^2 \tan^2 \varphi \text{ und}$$

$$(8) \quad x = \frac{a^2 \cos \varphi}{\sqrt{a^2 \cos^2 \varphi + b^2 \sin^2 \varphi}} = \frac{a \cos \varphi}{\sqrt{1 - \varepsilon^2 \sin^2 \varphi}} = \frac{a \cos \varphi}{\sqrt{1 - (2\alpha - \alpha^2) \sin^2 \varphi}}.$$

Sofort ist

$$\frac{a \pi \cos \varphi}{180^\circ \sqrt{1 - \varepsilon^2 \sin^2 \varphi}} = \frac{a \pi \cos \varphi}{\sqrt{1 - (2\alpha - \alpha^2) \sin^2 \varphi}}$$

die Grösse eines Längengrades in der Breite φ .

Um die eines Breitengrades zu bestimmen, muss man den Krümmungshalbmesser ρ für die Breite φ kennen.

Ihn zu finden, denken wir uns den Punct M um eine so kleine Grösse nach m gerückt, dass der Bogen $Mm = \Delta s$ mit dem Kreisbogen übereinfällt, der aus dem Durchschnittspuncte C der Normalen $CM = Cm = \rho$ beschrieben wird. Sind $x + \Delta x$ und $y + \Delta y$ die Coordinaten des Punctes m , so hat man aus dem Dreiecke Mnm

$$\Delta s^2 = \Delta x^2 + \Delta y^2, \text{ also}$$

$$\Delta s = \Delta x \sqrt{1 + \frac{\Delta y^2}{\Delta x^2}}.$$

Da aus (1) bei Ausserachtlassung der zweiten Potenzen der kleinen Grössen $\Delta x, \Delta y$

$$y \Delta y = -\frac{b^2}{a^2} x \Delta x \text{ oder nach (3)}$$

$$\frac{\Delta y}{\Delta x} = -\cot \varphi$$

sich ergibt, so wird

$$(9) \quad \Delta s = -\frac{\Delta x}{\sin \varphi}.$$

Da ferner M seine Polhöhe φ beim Uebergange nach m ändert, also etwa um $\Delta \varphi$, so wird

$$\rho \Delta \varphi = \Delta s \text{ und}$$

$$\rho = \frac{\Delta s}{\Delta \varphi}.$$

Es ist aber aus (3), wenn wieder die zweiten und höhern Potenzen von Δx , Δy und $\Delta \varphi$ vernachlässigt werden,

$$(10) \Delta \varphi = - \frac{a^2 \cos^2 \varphi}{x^2 y} \Delta x,$$

folglich durch Division von (9) und (10) mit Rücksicht auf (8) und (3)

$$(11) \rho = \frac{a(1-\varepsilon^2)}{\sqrt{(1-\varepsilon^2 \sin^2 \varphi)^3}} = \frac{a(1-\alpha^2)}{\sqrt{[1-(2\alpha-\alpha^2)\sin^2 \varphi]^3}}.$$

Da man wegen der geringen Excentricität des Sphäroïds keinen bedeutenden Fehler begeht, wenn man einen kleinen Theil des Meridians, z. B. einen Grad, als einen mit demselben Halbmesser beschriebenen Kreisbogen betrachtet, so ist

$$\lambda = \frac{a\pi(1-\varepsilon^2)}{180^\circ \sqrt{(1-\varepsilon^2 \sin^2 \varphi)^3}} = \frac{a\pi(1-\alpha^2)}{180^\circ \sqrt{[1-(2\alpha-\alpha^2)\sin^2 \varphi]^3}}$$

die Grösse eines Breitengrades, aus der man zugleich erkennt, dass die Grادلängen vom Aequator gegen die Pole zu wachsen müssen.

Kennt man ausser λ noch die Grösse λ_1 eines Breitengrades in der Breite φ_1 , nämlich

$$\lambda_1 = \frac{a\pi(1-\varepsilon^2)}{180^\circ \sqrt{(1-\varepsilon^2 \sin^2 \varphi_1)^3}} = \frac{a\pi(1-\alpha^2)}{180^\circ \sqrt{[1-(2\alpha-\alpha^2)\sin^2 \varphi_1]^3}},$$

so lässt sich die Excentricität oder Abplattung der Erde, also auch ihre grosse und kleine Halbaxe bestimmen, und es wird, wie man leicht findet,

$$(12) \quad \varepsilon^2 = \frac{\lambda^{\frac{2}{3}} - \lambda_1^{\frac{2}{3}}}{(\lambda^{\frac{1}{3}} \sin \varphi)^2 - (\lambda_1^{\frac{1}{3}} \sin \varphi_1)^2},$$

wozu die Gleichungen

$$(13) \quad \varepsilon^2 = \frac{a^2 - b^2}{a^2},$$

$$(14) \quad \varepsilon^2 = 2\alpha - \alpha^2 \text{ und}$$

$$(15) \quad \alpha = \frac{a-b}{a}$$

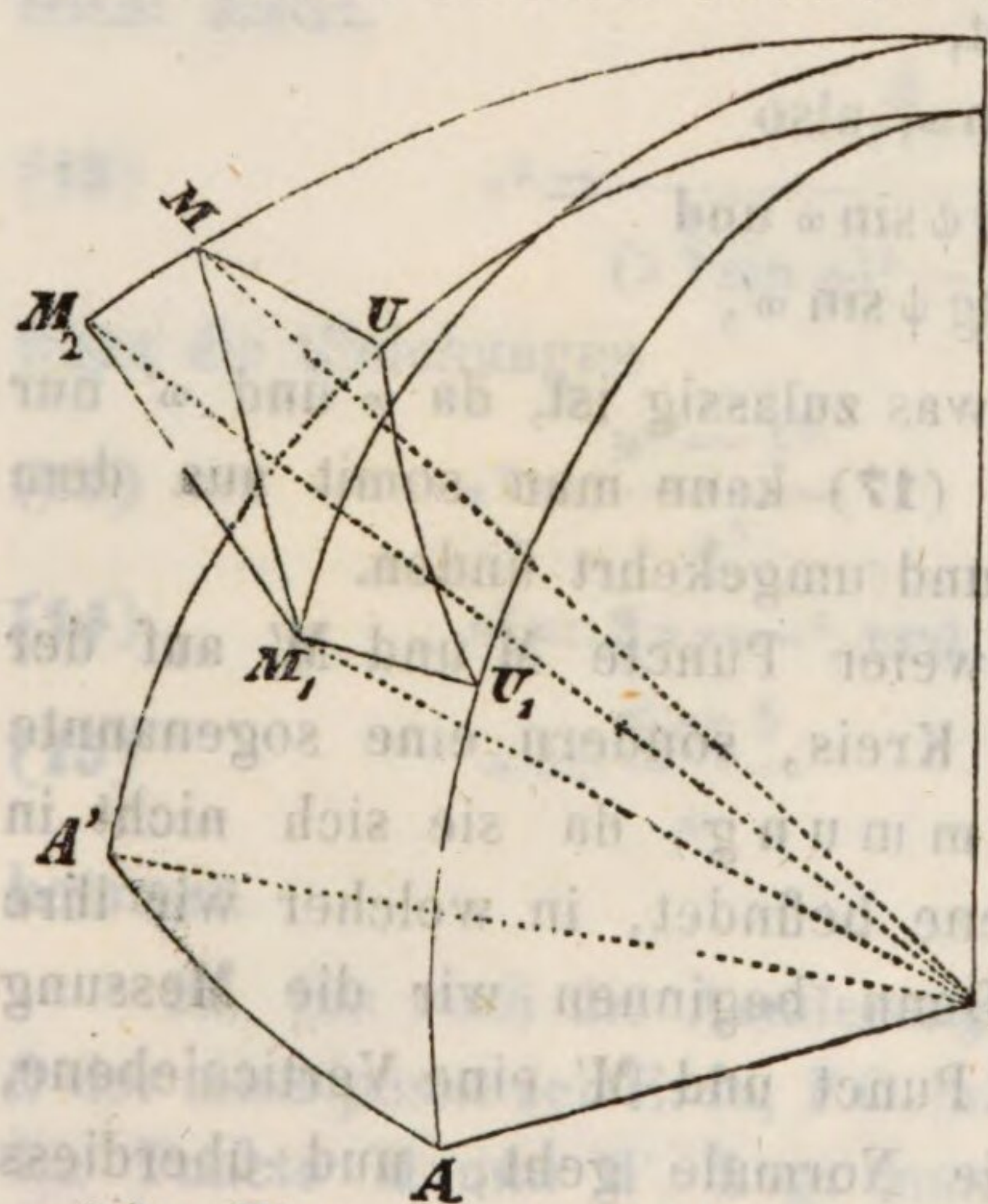
kommen.

51. Um auch die Aenderung des Azimuths zu finden, seien O der Mittelpunkt der Erde, PO ihre Axe, PM und PM' die Meridiane der Punkte M und M'. Legt man durch die Verticale MN von M und durch M' eine Ebene; so ist ihr Neigungswinkel gegen den Me-

gung gegen deren Normalen erhält, indem, falls die Punkte nicht in einem Meridiane liegen, die Normale eines jeden in einer andern Verticalebene sich befindet. Man nennt diese Curve die *geodätische Linie* und da die sie betreffenden Untersuchungen unter die schwierigeren in der Analysis gehören, so wollen wir nur die Bemerkung machen, dass sie die Gestalt eines zwischen M und M' frei gespannten Fadens annimmt und die Normalen ihrer einzelnen Punkte zugleich die Verticalen der entsprechenden Zwischenpunkte auf der Erde sind.

Wenn jedoch die Punkte M und M' nicht weit von einander entfernt sind, so kann man MM' als einen Kreisbogen betrachten, der mit dem der Breite von M oder M' (oder vielmehr der mittlern von beiden) entsprechenden Krümmungshalbmesser beschrieben wird.

Alles dies gälte offenbar nur, wenn die Erdoberfläche überall so regelmässig gekrümmt wäre, wie die des Meeres. Dies ist nun der Fall nicht, indem Berge mit Thälern wechseln, wesshalb bei Messungen, besonders wenn sie nur kleine Strecken umfassen, noch auf eine dritte Dimension, den Abstand eines jeden Ortes vom Mittelpunkte der Erde, Rücksicht genommen werden muss, obwohl die besagten Abweichungen im Ganzen die Regelmässigkeit der Gestalt der Erde, als zu gering im Verhältniss zum Erdkörper, nicht wesentlich stören. Man nimmt jedoch diesen Abstand selbst nicht, sondern jenen von der Meeresoberfläche und nennt ihn die *absolute Höhe* des Ortes, während der Unterschied der absoluten Höhen zweier Orte die *relative* heisst.



Stellen $P'A$ und $P'A'$ zwei Meridiane der Meeresoberfläche vor und sind M, M_1 zwei Punkte der Erde, so sind die Theile MU, M_1U_1 ihrer Normalen die absoluten Höhen und $MU - M_1U_1$ ist die relative von M über M_1 . Die Punkte U und U_1 heissen die Projectionen von M und M_1 auf den Meereshorizont, deren Abstand von O einander mithin auch gemeint ist, wenn man von der Entfernung der Punkte M und M_1 spricht. Eben so versteht man unter dem Winkel, den ein Ort M mit

zwei andern M_1 und M_2 einschliesst, den Neigungswinkel der durch die Normale von M und durch M_1 und M_2 gelegten Ebenen gegen einander. Wie man aber die absoluten und relativen Höhen finde und eine Messung auf den Meereshorizont reducire, lehrt die praktische Geometrie und wir wollen nur noch zeigen, wie man aus den Coordinaten eines Ortes M die eines andern M_1 berechnen könne, wenn man die Entfernung beider von einander und das Azimuth von M, M_1 in Bezug auf M_1, M kennt.

53. Es sei φ die Breite von M , φ_1 die von M_1 , d ihre Entfernung, λ ihre Längendifferenz, ω das Azimuth von M_1 gegen M und ω_1 das von M gegen M_1 . Ferner seien $\varphi', \varphi'_1, \omega'$ und ω'_1 die geocentrischen Breiten und Azimuthe von M und M_1 , r, r_1 die Entfernungen dieser Punkte vom Mittelpunkte O der Erde.

Zur Lösung des Problems hat man zunächst

$$(5) \quad \tan \varphi' = \frac{b^2}{a^2} \tan \varphi \quad \text{und}$$

$$(18) \quad r = \frac{b}{\sqrt{y^2 + x^2}} = \frac{b}{\sqrt{1 - \varepsilon^2 \cos^2 \varphi'}}.$$

Zieht man aus M_1 auf den Meridian PM die Senkrechte $M_1 M_2$ und lässt $M_1 M M_2$ für die erste Annäherung als ebenes Dreieck gelten, so wird, da $M_2 M M_1 = 180^\circ - \omega$ ist,

$$M M_2 = d \cos (180^\circ - \omega) = -d \cos \omega \quad \text{und}$$

$$M_1 M_2 = d \sin \omega.$$

Denkt man sich ebenso $M_2 P M_1$ als sphärisches Dreieck, das bei M_2 rechtwinklig ist, so hat man

$$\begin{aligned} \cos M_1 P &= \cos (90^\circ - \varphi'_1) = \cos M_2 P \cos M_2 M_1 = \\ &= \sin(\varphi' - M M_2) \cos M_1 M_2, \quad \text{also} \end{aligned}$$

$$\sin \varphi'_1 = \sin \left(\varphi' + \frac{d}{r} \cos \omega \right) \cos \left(\frac{d}{r} \sin \omega \right),$$

wenn man den Winkel, dessen messender Bogen dem Halbmesser gleicht, als Winkleinheit nimmt. Mittels $\sin \varphi'_1$ erhält man aber r_1 aus

$$r_1 = \frac{b}{\sqrt{1 - \varepsilon^2 \cos^2 \varphi'_1}}.$$

Reducirt man ferner den elliptischen Bogen $MM_1 = d$, indem man ihn als Kreisbogen betrachtet, der mit dem Krümmungshalbmesser von M

$$\rho = \frac{a(1 - \varepsilon^2)}{\sqrt{(1 - \varepsilon^2 \sin^2 \varphi)^3}}$$

beschrieben wird, auf die Sehne $MM_1 = d'$, so wird

$$d' = 2\rho \sin \frac{1}{2} \frac{d}{\rho} = 2\rho \left[\frac{d}{2\rho} - \frac{1}{2.3} \left(\frac{d}{2\rho} \right)^3 + \dots \right] = d - \frac{d^3}{24\rho^2}$$

und man kennt daher alle Seiten des ebenen Dreieckes $MO M_1$. Setzt man $OM_1 M = \psi'$, $OM M_1 = \psi$ und $MO M_1 = \xi$, so hat man

$$\sin \frac{1}{2} \xi = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{(r + d' - r_1)(r_1 + d' - r)}{rr_1}},$$

$$\text{tang } \frac{1}{2} (\psi' - \psi) = \frac{r - r_1}{r + r_1} \cotg \frac{1}{2} \xi \text{ und}$$

$$\psi + \psi' = 180^\circ - \xi,$$

woraus ξ , ψ und ψ' gefunden wird. Somit ist nach (16)

$$\omega' = \omega - (\varphi - \varphi') \cotg \psi \sin \omega.$$

Denkt man sich nun um O mit einem beliebigen Halbmesser Oo eine Kugel beschrieben, so erhält man das sphärische Dreieck $oo_1 o_2$, o auf OM_1 , o_1 auf OM und o_2 auf OP liegend, in welchem $o_1 o_2 = 90^\circ - \varphi'$, $o_2 o = 90^\circ - \varphi_1'$, $oo_1 = \xi$, $oo_1 o_2 = 180^\circ - \omega'$, $o_2 oo_1 = 180^\circ - \omega_1'$ und $o_1 o_2 o = \lambda$ ist; daher wird

$$\text{tang } \frac{1}{2} (180^\circ - \omega_1' - \lambda) = \frac{\sin \frac{1}{2} (90^\circ - \varphi' - \xi)}{\sin \frac{1}{2} (90^\circ - \varphi' + \xi)} \text{tang } \frac{1}{2} \omega' \text{ und}$$

$$\text{tang } \frac{1}{2} (180^\circ - \omega_1' + \lambda) = \frac{\cos \frac{1}{2} (90^\circ - \varphi' - \xi)}{\cos \frac{1}{2} (90^\circ - \varphi' + \xi)} \text{tang } \frac{1}{2} \omega',$$

woraus ω_1' und λ sich ergibt; zugleich erhält man das verbesserte φ_1' aus

$$\cos \varphi_1' = \frac{\cos \varphi' \sin \omega'}{\sin \omega_1'}$$

und somit φ_1 aus

$$\text{tang } \varphi_1 = \frac{a^2}{b^2} \text{tang } \varphi_1'.$$

Endlich ergibt sich ω_1 aus

$$\omega_1 = \omega_1' + (\varphi_1 - \varphi_1') \cotg \psi' \sin \omega_1'.$$

Mittels der so gefundenen Werthe kann man die Rechnung wiederholen, um sie noch genauer oder vielmehr auf das genaueste zu corrigiren.

Noch andere hierher gehörige Aufgaben wird man auf eine ähnliche Weise zu lösen im Stande sein, wesshalb wir sie auch übergehen.

54. Es erübrigt nur noch, die Länge eines Bogens auf dem Meridian und dessen Umfang, die Oberfläche einer elliptischen Zone und des ganzen Sphäroids, so wie dessen Cubikinhalt anzugeben, wozu wir die nöthigen Formeln anführen, deren Entwicklung der höheren Analysis angehört. Der Bogen s zwischen der Breite φ und $\varphi + \Delta\varphi$ ergibt sich annäherungsweise aus

$$s = a \Delta \varphi \left(1 - \frac{1}{2} \alpha + \frac{1}{16} \alpha^2 \right) - \frac{3}{2} a \alpha \sin \Delta \varphi \cos (2 \varphi + \Delta \varphi) \\ + \frac{15}{32} a \alpha^2 \sin 2 \Delta \varphi \cos 2 (2 \varphi + \Delta \varphi) + \dots$$

Der Umfang u des Meridians ist annäherungsweise

$$u = 2 a \pi \left[1 - \left(\frac{1}{2} \varepsilon \right)^2 - \frac{1}{3} \left(\frac{1.3}{2.4} \varepsilon^2 \right)^2 - \frac{1}{5} \left(\frac{1.3.5}{2.4.6} \varepsilon^3 \right)^2 - \dots \right]$$

oder auch

$$u = 2 a \pi \left(1 - \frac{1}{2} \alpha + \frac{1}{16} \alpha^2 \right) + \dots$$

Die Oberfläche O' einer Zone zwischen dem Aequator und dem Parallelkreise von der Breite φ ist annäherungsweise

$$O' = 2 a^2 \pi \sin \varphi \left[1 - \frac{4}{3} \alpha + \frac{7}{30} \alpha^2 - \left(\frac{2}{3} \alpha - \frac{7}{15} \alpha^2 \right) \cos 2 \varphi \right. \\ \left. + \frac{3}{10} \alpha^2 \cos 4 \varphi + \dots \right],$$

die O des ganzen Sphäroids ist genau

$$O = 2 a^2 \pi \left(1 + \frac{1 - \varepsilon^2}{2 \varepsilon} \log \text{nat.} \frac{1 + \varepsilon}{1 - \varepsilon} \right)$$

oder annäherungsweise

$$O = 4 a^2 \pi \left(1 - \frac{2}{3} \alpha + \frac{1}{15} \alpha^2 \right).$$

Endlich erhält man den Cubikinhalt C des ganzen Sphäroids genau aus

$$C = \frac{4}{3} a^2 b \pi.$$

Mittels der eben angegebenen Werthe

$$a = 32712077.14 \text{ Toisen oder } 859.437 \text{ geogr. Meilen}$$

$$b = 3261139.33 \quad \text{,,} \quad \text{,,} \quad 856.564 \quad \text{,,} \quad \text{,,}$$

wird

$$\alpha = 0.0033427 = \frac{1}{299.15} \text{ und}$$

$$\varepsilon = 0.081697,$$

so dass die Abplattung bei 5 Punkte beträgt, wenn $a = 1$ Schuh ist.

Ferner ergibt sich unter diesen Voraussetzungen

die Länge einer geographischen Meile	=	3807.23	Toisen,
der Flächeninhalt der heissen Zone	=	3,679.000	□ M.
„ „ „ beiden gemässigten	=	4,809.000	„ „
„ „ „ kalten	=	773.000	„ „
die Oberfläche der Erde	=	9,261.000	„ „
der Cubikinhalt der Erde	=	2650,185 000	Cub. M.

55. Schliesslich wollen wir in Betreff der Dichte und Masse der Erde folgende Stelle aus *Humboldt's Kosmos* S. 176 anführen. „Nachdem die Erde gemessen worden ist, musste sie gewogen werden. Pendelschwingungen und Bleiloth haben ebenfalls dazu gedient, die mittlere Dichtigkeit der Erde zu bestimmen; sei es,

„dass man in Vereinigung astronomischer und geodätischer Operationen die Ablenkung des Bleiloths von der Verticale in der Nähe eines Berges suchte oder durch Vergleichung der Pendellänge in der Ebene und auf dem Gipfel einer Anhöhe oder endlich durch Anwendung einer Drehwage, die man als ein horizontal schwingendes Pendel betrachten kann, die relative Dichtigkeit der nahen Erdschichten mass.“

Da die Erörterung dieser Methoden, die Dichte der Erde zu bestimmen, uns zu weit führen würde, so wollen wir nur bemerken, dass man als wahrscheinlichsten Werth 5.44 fand, d. h. dass der Erdkörper so viel Masse enthalte, als das reine Wasser in einem 5.44mal grössern Raume hat. Daraus ergibt sich durch Multiplication des Cubikinhaltes der Erde mit dem 5.44fachen Gewichte des Wassers — ein Cubikfuss wiegt $56\frac{3}{4}$ Pfd. — das Gewicht derselben, welches bei 13 Quadrillionen Pfund beträgt.

VI. Abschnitt.

Weltsystem. Sönnensystem. Topographie des letztern.

56. Obwohl die ununterbrochene Bewegung der Gestirne schon im Voraus Regelmässigkeit postulirt, so vermochte man in der ältern Zeit doch nicht, den innern Zusammenhang und wahren Grund der äussern Erscheinungen darzustellen, da man nicht im Stande war, die zu beantwortende Frage sich richtig zu stellen. Als man anfang, den Phänomenen eine wissenschaftliche Seite abzugewinnen, fühlte man zwar das Bedürfniss, sie zu erklären und das Wahre mochte, namentlich in der pythagoräischen Schule, welche die Rotation der Erde behauptete, von Einzelnen, wenn auch nicht vollkommen erkannt, so doch dunkel bereits geahnt worden sein; allein die allgemein verbreitete Ansicht, dass die Erde die eigentliche Welt sei, welcher die Gestirne nur als Nebendinge zugehören, hinderte das richtige Auffassen des Ganzen, um so mehr, als man sich die Erde nur ruhend denken konnte.

Der Grieche *Hipparch*, dem die Wissenschaft besonders viel verdankt, mochte der Erste das grosse Problem erkannt haben, gab jedoch keine Erklärung. Erst *Ptolomäus* von Alexandria stellte in der Mitte des zweiten Jahrhunderts ein System auf, nach ihm das *Ptolomäische* genannt. Diesem zufolge ruht die Erde in der Mitte des Weltalls und um sie bewegen sich zunächst der

Mond, entfernter die Planeten Mercur und Venus, die Sonne, die Planeten Mars, Jupiter, Saturn und endlich am weitesten entfernt die Fixsterne. Dabei erfolgt die Bewegung der Fixsterne in concentrischen, die der Sonne und des Mondes in excentrischen Kreisen und die der Planeten in Epyciclen, um ihr Vor- und Rückwärtsgehen zu erklären.

Obwohl nach diesem Systeme verschiedene Erscheinungen gar nicht erklärt werden können und man desshalb später zu allerlei Modificationen schreiten musste; so blieb man doch beim slavischen Nachbeten des Alten, bis das Genie des *Nikolaus Copernicus* (geb. zu Thorn 1472, gest. zu Frauenberg 1543) eine neue Bahn schuf. Ihm verdanken wir die Kenntniss der jetzt von allen Gebildeten als wahr anerkannten Weltordnung. Er machte sie in seinem letzten Lebensjahre bekannt. Ihr zufolge ist die Sonne der ruhende Mittelpunkt. Die Planeten, darunter die Erde, bewegen sich in excentrischen Kreisen um die Sonne; auf gleiche Weise bewegt sich der Mond um die Erde und mit ihr um den Mittelpunkt der Bewegung. Die Erde rotirt um ihre Axe und die Fixsterne stehen still. Dadurch waren die äussern Erscheinungen nicht nur sämmtlich erklärt, sondern es wurden auch Phänomene, welche man noch nicht kennen konnte, oder noch nicht kannte, wie z. B. die Phasengestalten des Merkurs und der Venus, die Abplattung der Erde, die verschiedene Länge des Secundenpendels unter verschiedenen Breitengraden u. s. w. vorausgesagt und bestätigt.

Das Copernicanische System war die einzige mögliche Basis aller weitem Fortschritte in der Weltkunde, obwohl es auf eine Untersuchung der Kräfte, welche die erklärten Bewegungen hervorbringen, und auf die der Gesetze ihrer Wirkungen Verzicht leistete, indem es eben nur auf eine einfache, naturgemässe Weise die scheinbaren Bewegungen befriedigend erklärte und die wirklichen darsellte.

Trotz dem fand es sehr viele Gegner und *Tycho de Brahe* (geb. 1546, gest. 1601) versuchte eine Vermittlung der ältern und neuern Ansicht, ein unnützes juste milieu. Er setzte die Erde ruhend in die Mitte, liess Sonne und Mond um sie und alle Planeten um die Sonne sich bewegen. Die Erde sollte nicht rotiren und daher die Fixsterne um selbe sich bewegen. Doch verschwand *Tycho's* Ansicht bald und sein berühmter Zeitgenosse, *Keppler* (geb. 1571, gest. 1630), an das Copernicanische System haltend, erdachte die nach ihm benannten Gesetze der Planetenbewegungen, welche bald durch *New-*

ton's unsterbliche Entdeckung der Gravitation ihre mathematische Begründung erhielten.

57. Die Sonne mit den um selbe sich bewegenden Planeten und Monden bildet das Sonnensystem und es ist nicht zu bezweifeln, dass auch die Fixsterne Planeten und Trabanten haben und so Sternensysteme constituiren, deren Summe mit jenen der Sonne das Weltsystem heisst. Zum Sonnensysteme, das allein uns bekannt ist, gehören nach den bisherigen Entdeckungen 15 Planeten mit 19 bis jetzt bekannten Monden. Sie sind, nach ihren Entfernungen von der Sonne geordnet, folgende:

der Mercur	☿				
die Venus	♀				
die Erde	♁				
der Mars	♂				
die Vesta	♄	1807	am 29. März	von Olbers	entdeckt,
die Juno	♅	1804	„ 1. Sept.	„ Hardig	„
die Ceres	♁	1801	„ 1. Jän.	„ Piazzi	„
die Pallas	♁	1802	„ 28. März	„ Olbers	„
die Asträa	♁	1845	„ 8. Dec.	„ Henke	„
die Hebe	♁	1847	„ 1. Juli	„ Henke	„
die Iris	♁	1747	„ 13. Aug.	„ Hind	„
der Jupiter	♃				
der Saturn	♄				
der Uranus	♅	1781	am 13. März	entdeckt von Herschel	und
der Neptun	♆ oder ♁	1846	„ „	„ Leverrier.	

Die Existenz des letzteren wurde von dem französischen Astronomen *Leverrier* theoretisch nachgewiesen, indem er, auf die sonst unerklärlichen Störungen der Bahn des Uranus sich stützend, ihm eine Stelle am Himmel anwies, an der ihn auch Dr. *Galle* wirklich fand. Man muss gestehen, dass diese Entdeckung ein wahrer Triumph der Wissenschaft ist, da alle Elemente, als: Entfernung, mittlere Bewegung, Masse u. s. w. sich nahezu so, wie sie *Leverrier* im Voraus berechnet hatte, aus den Beobachtungen ergaben.

Die erst in der neuern Zeit entdeckten Planeten heissen die telescopischen, da man sie nur mittels Fernröhren sehen kann, die andern nennt man wohl auch die alten. Der Mercur und die Venus, welche der Sonne näher stehen, als die Erde, heissen die untern, die übrigen die obern Planeten.

Von den Planeten hat die Erde einen, der Jupiter vier, der

Saturn sieben und der Uranus sechs Monde. Von denen des Neptuns hat 1847 *Lasall* einen aufgefunden.

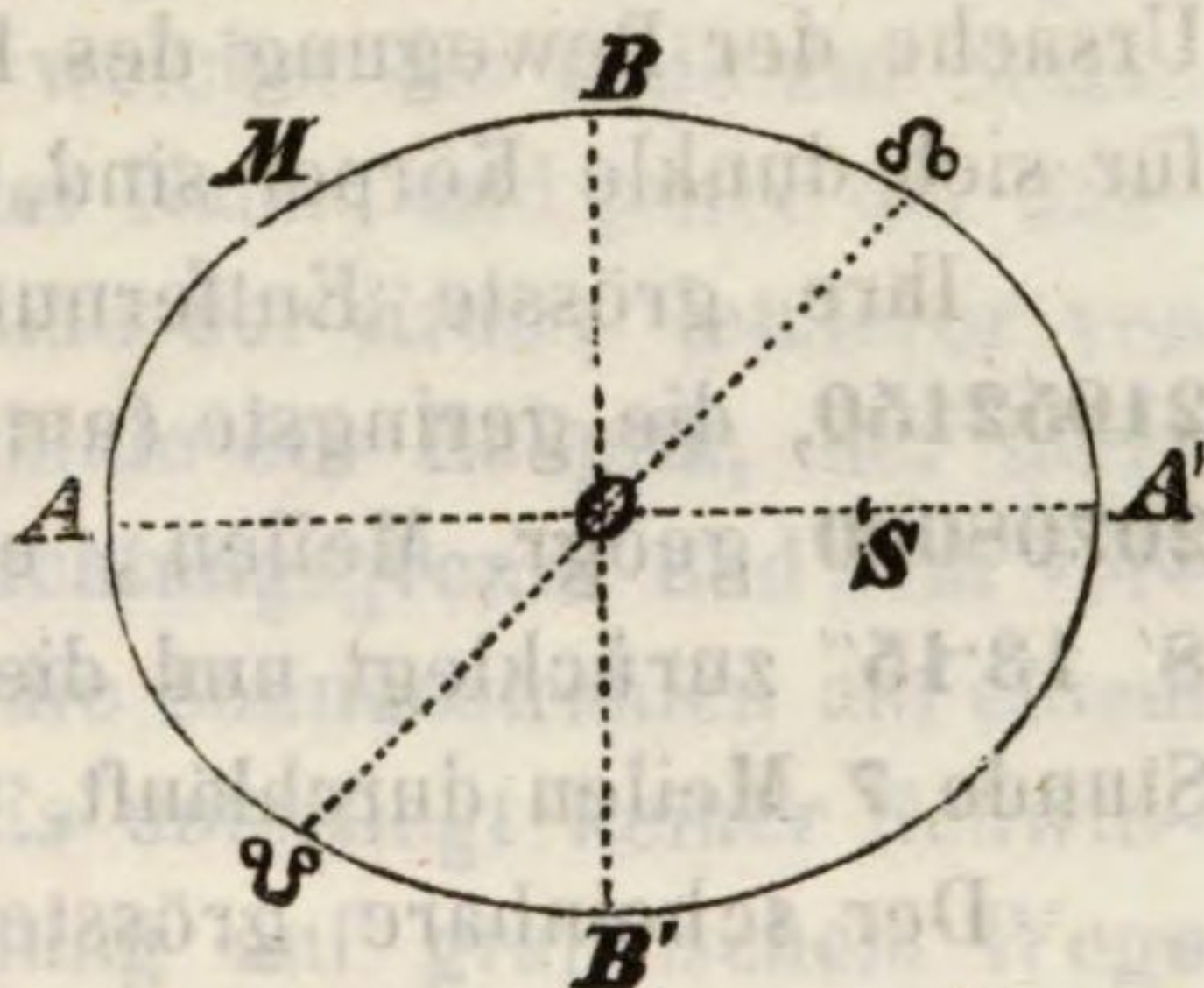
58. Alle Planeten befolgen die keplerischen Gesetze; sie sind folgende:

1) Die Planeten bewegen sich in Ellipsen, in deren einem Brennpunkte die Sonne sich befindet;

2) Die vom Radiusvector eines sich bewegenden Planeten gekehrten (zurückgelegten) elliptischen Flächenräume sind den hierzu nöthigen Dauerzeiten direct proportional und

3) die Quadrate der Umlaufszeiten der Planeten in ihren Bahnen sind deren cubirten grossen Halbaxen direct proportional.

Ist nun $AM A' A$ eine solche Planetenbahn und in S die Sonne, so heisst AO die grosse, OB die kleine Halbaxe, und man sagt, dass der Planet M , wenn er nach A' , A gelangt, in der Sonnennähe (Perihelium), Sonnenferne (Aphelium) sich befinde.



Die Durchschnittpunkte Q und Q' der Bahn mit der Erdbahn heissen Knoten und zwar der eine der auf-, der andere der niedersteigende. Sieht man von der Erde aus den Planeten in derselben oder entgegengesetzten Richtung wie die Sonne, so sagt man, dass er mit letzterer in Conjunction oder Opposition stehe; machen Planet und Sonne an der Erde einen rechten Winkel, so nennt man diese Lage je nach der Stellung des Planeten östliche oder westliche Quadratur.

Offenbar wird den Gesetzen der Anziehung gemäss die Bewegung der Planeten im Perihelium am schnellsten, im Aphelium am langsamsten erfolgen.

Bei jedem Planeten hat man drei Umlaufszeiten zu unterscheiden, nämlich:

1) die siderische, d. h. die Zeit, in welcher der Planet, seine volle Peripherie von 360° zurücklegt, und binnen welcher er wieder zu demselben fixen Punct am Himmel zurückkehrt;

2) die tropische, d. h. die Zeit, binnen welcher er wieder zu demselben Aequinoctium kommt, die daher wegen des Rückwärtsgehens des Frühlingspunctes etwas kürzer als die siderische ist;

3) die synodische, d. h. die Zeit, in welcher, von der Erde aus gesehen, die Planetenbahnen dieselben Knoten, Schlingen

oder Stillstände zeigen, mithin auch die Zeit der Conjunctionen, Oppositionen und gleichnamigen Quadraturen.

Ausser der progressiven Bewegung hat man seit der Erfindung des Fernrohrs auch die Rotation der Planeten um ihre Axen sammt deren Dauerzeiten entdeckt.

Nach diesen Andeutungen wollen wir noch eine kurze Topographie des Sonnensystems liefern, dabei jedoch nur die Verhältnisse der Erde zur Sonne und zum Monde in nähere Betrachtung ziehen.

59. Die Sonne ist zufolge ihrer präponderirenden Masse, welche die der Erde **354936mal**, ja die aller Planeten und Monde nahezu **775mal** übertrifft, der Centalkörper des Sonnensystems und die Ursache der Bewegung des Planeten. Sie ist für alle Planeten, die für sich dunkle Körper sind, die Quelle des Lichtes und der Wärme.

Ihre grösste Entfernung von der Erde (am 2. Juli) beträgt **21052150**, die geringste (am 1. Jänner) **20359950**, also die mittlere **20708000** geogr. Meilen, eine Entfernung, welche das Licht in **8' 13.15"** zurücklegt und die ein Dampfswagen, selbst wenn er in der Stunde **7** Meilen durchläuft, erst in **350** Jahren erreichen würde.

Der scheinbare grösste Durchmesser der Sonne ist **32'33.7"**, der kleinste **31'29.2"**, also der mittlere **32'0.48"**; dagegen beträgt ihr wahrer Durchmesser **192936** g. Meilen, mithin ihre Oberfläche **116380** Millionen g. $\square$ Meil. und ihr Cubikinhalte **3734** Billionen g. Cubik-Meilen. Sofort ist ihre Oberfläche **12598mal** und ihr Cubikinhalte **1415225mal** grösser als die entsprechenden Grössen bei der Erde. Die Schwerkraft der Sonne übertrifft die der Erde **28.36mal** oder ein Körper, der auf der Erde ein Pfund wiegt, wiegt auf der Sonne **28.36** Pfund. Das Secundenpendel müsste daselbst die Länge von **88 $\frac{1}{2}$** wiener Fuss haben.

Die grosse Entfernung der Sonne von der Erde erschwert eine nähere Kenntniss ihrer Oberfläche ungemein. Nach den Flecken, welche sie zuweilen bedecken, scheint sie ein dunkler, mit einer Lichtkugel (Photosphäre) umgebener Körper zu sein. Die Flecken bestehen meist aus einem schwarzen Kerne mit aschgrauer Umfassung und es entstehen sowohl in ihrer Nähe als auch an Stellen, wo sie oft mitten in der Sonne auseinander fliessen und verschwinden, gewöhnlich Fackeln, d. h. Stellen, die sich durch ihr helleres Licht von dem übrigen Sonnenboden unterscheiden. Aus der genau beobachteten Bewegung der Flecken, die häufig unsere Erde an Grösse (Oberfläche) übertreffen, fand man, dass die Sonne um ihre Axe binnen **25 $\frac{1}{2}$** Tagen rotire. Ausser dieser Bewegung hat sie noch zwei

progressive; die eine erfolgt durch die Anziehung eines jeden Planeten auf die Sonne, der zufolge sie eine Curve beschreibt, die un-
gemein verwickelt ist, da jeder Planet anders einwirkt. Man abstra-
hirt aber von dieser sehr geringen Bewegung, da ohnehin nur die
relativen Bahnen der Planeten in Beziehung auf die Sonne betrach-
tet werden. Die zweite musste durch die Kraft, welche die Rotation
erzeugte, hervorgerufen werden. M ä d l e r hat in jüngster Zeit ge-
zeigt, dass der Stern α in den Plejaden der Centalkörper des Him-
mels sei. Ein solcher ist offenbar anzunehmen und sofort die Sonne
ein Planet desselben, wesshalb auch ihre Planeten nur Trabanten
sind. Es scheint uns jedoch diese Frage noch nicht erledigt.

60. Die wichtigste Beziehung, in welcher die Erde zur Sonne
steht, ist der Wechsel des Tages mit der Nacht und jener der Jah-
reszeiten. Ersterer hängt von der Rotation der Erde, letzterer von
ihrer jährlichen Bewegung, von der Schiefe der Ecliptik, der hier-
durch verursachten verschiedenen Beleuchtungsgrenze und dem ver-
änderlichen Winkel ab, unter welchem die Sonnenstrahlen auf einem
bestimmten Theil der Erde auftreten. Es unterliegt keiner Schwie-
rigkeit, durch eine einfache Betrachtung auf graphischem Wege
zu denselben Resultaten zu gelangen, welche wir in den Artikeln **21**
und **22** anführten, was daher dem eigenen Fleisse des Schülers
überlassen bleiben mag.

Anmerkung. Nach der Richtung des Schattens zur Mittagszeit nennt man
die Bewohner der heissen Zone unschattige (schattenlose) oder auch
zweischattige, die der gemässigten einschattige, die der kalten
umschattige. Auch die Benennungen kurz- und langschattige
sind an und für sich erklärlich. Doch sind diese Namen nur Ueberbleib-
sel aus alter Zeit.

Wichtiger ist die Eintheilung der Erdbewohner nach ihrer Lage in
Antipoden (Gegenfüssler), welche an den entgegengesetzten Endpun-
ten eines Durchmessers sich befinden, daher, mit Ausnahme des Aequa-
tors, stets auf verschiedenen Halbkugeln wohnen und verschiedene Tags-
und Jahreszeiten haben; in Periöci (Gegenwohner), Bewohner dessel-
ben Meridians unter gleichen aber entgegengesetzten Breiten; sie sind auf
verschiedenen Halbkugeln und haben gleiche Tages-, aber verschiedene
Jahreszeiten; in Antöci (Nebenwohner), Bewohner desselben Parallel-
kreises, aber auf den entgegengesetzten Seiten des Meridians; sie befinden
sich auf derselben Halbkugel und haben gleiche Jahres-, aber entgegen-
gesetzte Tages-Zeiten.

61. Der Mercur ist unter allen Planeten der Sonne am näch-
sten; seine mittlere Entfernung beträgt 8,582.500, seine kleinste

7,413.000 und die grösste **9,752.000** Meilen. Seine Bahn ist sehr excentrisch und gegen die Erdbahn unter $7^{\circ} 13''$ geneigt; seine grösst- und kleinstmögliche Entfernung von der Erde beträgt **30** und **11** Millionen Meilen. Sein scheinbarer Durchmesser steigt von $4.4''$ bis zu $12.6''$, der wahre ist **671** Meilen; seine Masse ist **0.58**, die Dichte fast **1.5** jener der Erde, d. h. ein Körper, welcher auf der Erde **100** Pfund wiegt, wiegt auf ihm nur **58**. Er wird von der Sonne **7**mal stärker beleuchtet und vielleicht auch so oftmal stärker erwärmt als die Erde. Eine solche Temperatur würde allem vegetabilischen und animalischen Leben auf der Erde ein Ende machen und das intensive Licht würde die Augen blenden.

Er ist immer in der Nähe der Sonne, man findet ihn mit freiem Auge in unsern Gegenden schwer; durch ein gutes Fernrohr beobachtet, blendet er die Augen durch sein hellweisses, intensives Licht. Er zeigt Phasen wie der Mond und rotirt, wahrscheinlich in **24** St. **5** M.

Seine siderische Umlaufszeit beträgt **87** Tage **23** St. **15'** **46''**, seine tropische **87** T. **23** St. **14'** **35''**, seine synodische **115** T. **21** St.

Es verdient noch bemerkt zu werden, dass seine Vorübergänge vor der Sonnenscheibe, auf der er als völlig regelmässiger, scharfbegrenzter und pechschwarzer Kreis erscheint, mit besonderer Aufmerksamkeit von den Astronomen beobachtet werden. Sie dauern bei **5** Stunden und es gibt deren in einem Jahrhundert durchschnittlich **13**.

Uebrigens wird man sich leicht erklären können, dass der Mercur als unterer Planet in Beziehung auf Erde und Sonne nie in Opposition kommen könne.

62. Die Venus ist der schönste aller Sterne mit einem glänzend weissen Lichte, das ihn oft selbst am Tage sichtbar macht. Seine Entfernung von der Sonne beträgt im Perihel **14,982.000**, im Aphel **15,191.000** und als mittlere **15,087.000** Meilen, die grösste und kleinste von der Erde **35** und **5** Millionen Meilen. Ihre Bahn ist am wenigsten excentrisch und gegen die der Erde unter $3^{\circ} 23\frac{1}{2}'$ geneigt. Ihr scheinbarer Durchmesser wächst von $9.2''$ bis zu $64''$, welche Grösse kein anderer Planet erreicht. Ihr wahrer Durchmesser gleicht fast ganz genau dem der Erde, da er **1717** Meil. beträgt. Auch die Masse der letzteren übertrifft die ihrige nur um etwa $\frac{1}{500}$; sie ist daher etwas dichter, jedoch vom geringen Belange, so dass die Pendellängen und absoluten Gewichte der Körper auf beiden Planeten nahezu dieselben sind. Als unterer Planet zeigt sie die Phasen und rotirt, wahrscheinlich binnen **23^h 21'**. Sie kann, so wie Mercur, aber

seltener (in einem Jahrtausend nur 16mal) vor der Sonnenscheibe vorübergehen und dann selbst von unbewaffneten scharfen Augen als ein schwarzes Pünctchen wahrgenommen werden.

Ihre siderische Umlaufszeit beträgt 234 T. 16^h 49' 7'', die tropische 224 T. 16^h 41' 25'', die synodische 583 T. 22^h 6' 14''.

Sie wird wie Mercur vor nach Sonnen-^{Aufgang} ^{Untergang} gesehen, ist also abwechselnd Morgen- und Abendstern (Phosphorus, Lucifer, Hesperus).

63. Die dritte Stelle in der Reihe der Planeten behauptet in Bezug ihrer Entfernungen von der Sonne die Erde mit ihrem Monde, welcher ihr eine ganz eigenthümliche Stellung im Planeten-Systeme gibt.

Der Schwerpunkt beider Körper liegt wohl noch in der Erde, aber näher ihrer Oberfläche als ihrem Mittelpunkte, läuft als Centrum der Bewegung in einer Ellipse um die Sonne, und es bewegen sich die Erde sammt dem Monde um ihn. Da das Verhältniss des Abstandes der Mittelpunkte beider von ihrem gemeinschaftlichen Schwerpunkte, der immer in ihrer Verbindungslinie liegt, constant ist; so kann man die Erde in Bezug auf den Mond als ruhend betrachten und auf letztern die Bewegung übertragen, wodurch das Problem sehr vereinfacht wird.

Die grösste Entfernung des Mondes von der Erde ist 54.644, die kleinste 48.961 Meilen. In mittlerer Entfernung beträgt sein scheinbarer Durchmesser 15' 31.69'' und seine Parallelaxe 57' 2.2''; sein wahrer Durchmesser gleicht 468 Meilen, also sein Flächeninhalt 688.635 □ Meil. und sein Cubikinhalte 53,735.000 Cubik-Meilen.

Die wahre (siderische) Umlaufszeit t des Mondes um die Erde beträgt 27 T. 7^h 43' 11.5'', die periodische (tropische) t_1 27 T. 7^h 43' 4.7'', die synodische t_2 endlich 29 T. 12^h 44' 4.9''. Es verzögert sich nämlich die Rückkehr des Mondes zu derselben Conjunction oder Opposition um mehr als zwei Tage, da inzwischen die Erde etwa um den 13. Theil ihrer eigenen Bahnlänge fortgerückt und die Richtungslinie der Erde zur Sonne eine andere geworden ist, in welche zu gelangen, daher der Mond nach Vollendung eines siderischen Umlaufs noch bei 29° zurücklegen muss. Die Umlaufszeiten t , t_1 , t_2 beziehen sich jedoch nur auf den mittlern gegenwärtigen Zustand, da sie sämmtlich veränderlich sind, wegen der vielen Störungen, welche die Mondbahn zu einer äusserst verwickelten machen.

Die Masse des Mondes ist $\frac{1}{87.74}$ und seine Dichte 0.55 jener der Erde. Ein Centner auf letzterer wiegt auf dem Monde nur 15 Pfund.

Der Mond rotirt vollkommen genau in derselben Zeit, in der er um die Erde läuft, gleichförmig um seine Axe, die gegen die Ecliptik unter dem unveränderlichen Winkel von $88^{\circ} 31' 15''$ geneigt ist; dagegen ist die Neigung des Mondäquators gegen seine eigene Bahn veränderlich und kann von $6^{\circ} 29'$ bis $6^{\circ} 47'$ wachsen.

Da der niedersteigende Knoten des Mondäquators in der Ecliptik stets mit dem aufsteigenden der Mondbahn in der Ecliptik zusammenfällt, so dass diese drei Ebenen nur eine gemeinschaftliche Durchschnittslinie (Knotenlinie) bilden; so muss jeder der Erde einmal zugewendete Punct der Mondfläche der Erde auch stets zugekehrt bleiben. Da jedoch der Mondäquator auf der Mondbahn nicht senkrecht steht und die Erde sich auch nicht an jenem Puncte befindet, um welchen der Mond in gleichen Zeiten gleiche Winkel beschreibt; so entsteht eine Veränderung in der Länge eines jeden Puncts, die man Schwankung (Libration) nennt und welche auf jeder Seite bis zu $7^{\circ} 53'$ wachsen kann. Ebenso gibt es eine Libration in der Breite, welche als Maximum $6^{\circ} 47'$ beträgt. Desshalb können wir denn auch nach und nach mehr als die Hälfte der Mondoberfläche, nämlich etwa $\frac{4}{7}$ davon, sehen.

Die Mondoberfläche ist schon für das unbewaffnete Auge ein Gemisch von hellen und dunkeln Flecken, welche im Fernrohre in bei weitem mehreren Abstufungen erscheinen. Man hielt ehemals die dunkeln für Meere und die hellen für festes Land, während man im Fernrohre die grauen Theile fast ohne Ausnahme als ebene Landschaften und die hellen als Gebirge erkennt, welche den eigenthümlichen Charakter haben, dass ein kreisähnlicher, ganz geschlossener Wall eine grubenartige Vertiefung mit concaver Böschung umschliesst. Man nennt die kleineren davon Ringgebirge, die grössern aber Wallebenen.

64. Die auffallendsten Erscheinungen, die uns der Mond darbietet, sind die abwechselnden Lichtgestalten — Phasen — welche, wie wir sagten, auch die untern Planeten zeigen und auf folgende Art erklärt werden.

Es sei die Sonne in S, die Erde in E und der Mond bewege sich in seiner Bahn M M' M'' M''' um letztere. Befindet sich der Mond in M, also in Conjunction in Bezug auf Sonne und Erde, so geht er

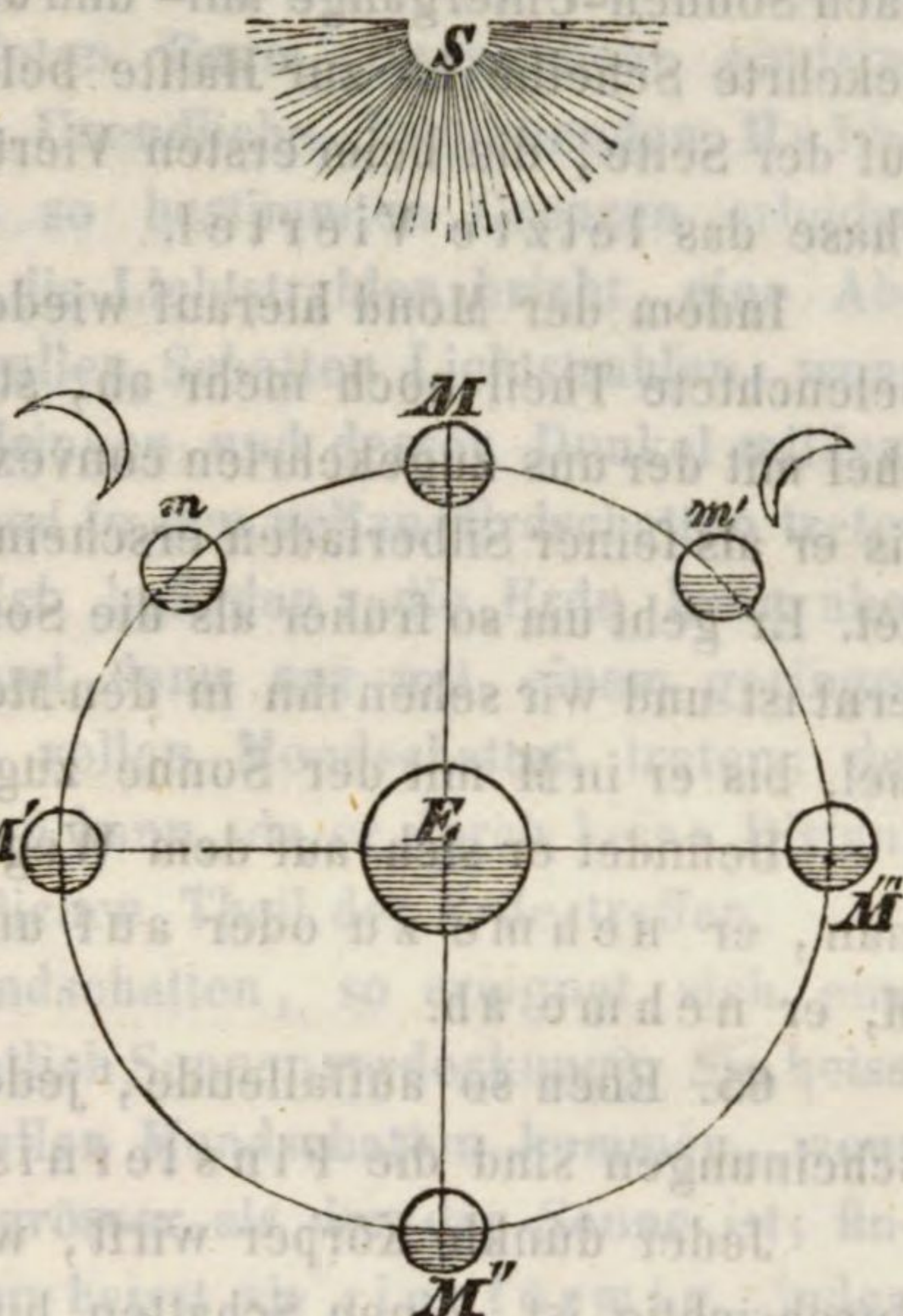
mit ersterer zu gleicher Zeit auf und unter. Weil er kein eigenes Licht hat, die Sonne aber nur die eine seiner Hälften beleuchten kann; so sehen wir ihn nicht, da er die dunkle Hälfte der Erde zukehrt, und man sagt, es sei **Neumond**.

Der Mond rückt nun in seiner Bahn vor, so dass er schon nach einigen Tagen bedeutend links, d. h. östlich von der Sonne, in *m* steht, also später als diese auf- und untergeht. Offenbar ist da schon ein Theil seiner beleuchteten Hälfte der Erde zugekehrt und stellt sich in der Form eines umgekehrten C (oder einer mit der hohlen Seite abgewendeten Sichel) dar.

Ist hierauf der Mond um den vierten Theil seiner Bahn nach *M'* vorgerückt und steht er somit in der ersten Quadratur, so geht er um 90° , d. h. um 6 Stunden später auf und unter als die Sonne und glänzt deshalb am westlichen Himmel in den Abendstunden bis zur Mitternacht. Von der beleuchteten Seite ist jetzt der Erde die Hälfte zugekehrt, so dass sich die frühere Sichel in eine halbe Kreisscheibe umwandelte. Man nennt diese Phase das **erste Viertel**.

Ist der Mond abermals um 90° nach *M''* weiter vorgeschritten und in Opposition gekommen, so geht er ^{auf} _{unter}, wenn die Sonne ^{unter-} _{auf-} geht, wesshalb wir ihn die ganze Nacht hindurch sehen und zwar in der von der Sonne beleuchteten Hälfte als ganze Kreisscheibe, daher diese Phase **Vollmond** heisst.

Mit der weitem Bewegung des Mondes verkleinert sich aber die beleuchtete Scheibe, er geht immer später nach Sonnenuntergang auf, so dass man ihn in den spätern Abendstunden am östlichen und in den Morgenstunden am westlichen Himmel erblickt, bis er bei *M'''* in die zweite Quadratur kommt, also 6 Stunden



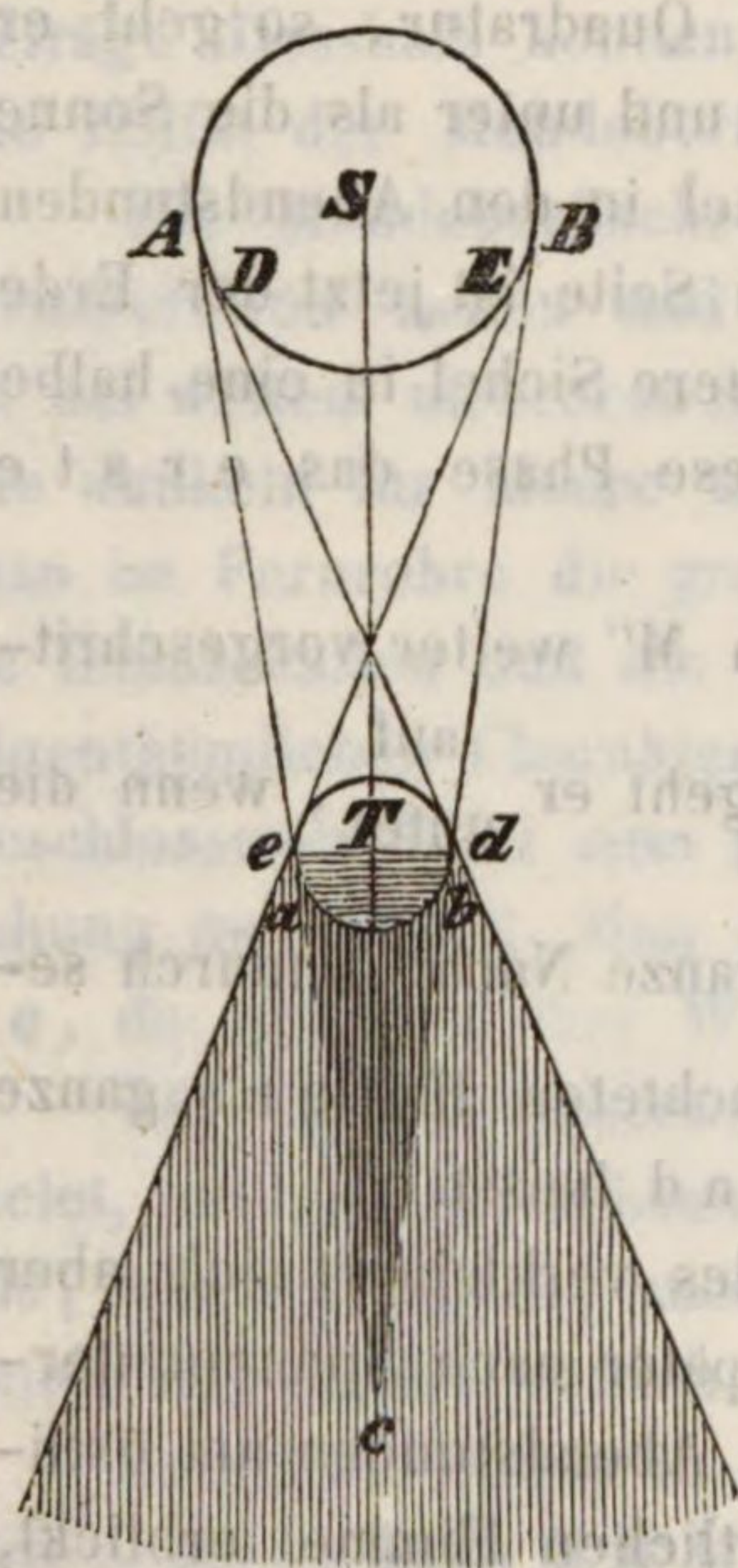
nach Sonnen-Untergange auf- und um Mittag untergeht. Die uns zugekehrte Scheibe ist zur Hälfte beleuchtet, aber wie man erkennt, auf der Seite, die beim ersten Viertel dunkel war. Man nennt diese Phase das letzte Viertel.

Indem der Mond hierauf wieder gegen M vorrückt, nimmt der beleuchtete Theil noch mehr ab, stellt sich als ein C (oder als Sichel mit der uns zugekehrten convexen Seite — Luna fallax —) dar, bis er als feiner Silberfaden erscheint, der in M gänzlich verschwindet. Er geht um so früher als die Sonne auf, je mehr er von M entfernt ist und wir sehen ihn in den Morgenstunden am östlichen Himmel, bis er in M mit der Sonne zugleich aufgeht und unsichtbar ist.

Befindet er sich auf dem Wege von M über M' bis M'', so sagt man, er nehme zu oder auf und auf dem von M'' über M''' bis M, er nehme ab.

65. Eben so auffallende, jedoch nur selten stattfindende Erscheinungen sind die Finsternisse.

Jeder dunkle Körper wirft, wenn er beleuchtet wird und undurchsichtig ist, einen Schatten hinter sich, der die Kegelform hat, wenn der leuchtende und dunkle Körper Kugeln sind und der leuchtende dabei grösser ist. Bezeichnet r den Halbmesser der ersteren, r_1 den des letzteren und ist d der Abstand beider, so wird



$$x = \frac{d r_1}{r - r_1}$$

die Länge des Schattens, wie man erkennt, wenn man zu beiden Kugeln eine gemeinschaftliche Tangente zieht. Daraus findet man für die grösste, mittlere und kleinste Entfernung der Erde und des Mondes von der Sonne beziehungsweise

die Länge des Erdschattens 188640, 185453, 182408 Meilen,
die Länge des Mondschattens 51083, 50209, 49376 Meilen.

Tritt ein dritter dunkler Körper in den Schatten eines beleuchteten ganz oder nur zum Theil, so entsteht eine Finsterniss, die den leuchtenden verdeckt.

Ist S die Sonne, T die Erde, so bestimmen die Tangenten Aa, Bb den Schattenkegel abc, wel-

cher der volle Schatten heisst. Dagegen kann in den von den Tangenten Dd , Ee gebildeten Raum Sonnenlicht eindringen, das den sogenannten in's Unendliche fortgehenden Halbschatten erzeugt. Allein die so bestimmten Grenzen erleiden durch die Atmosphäre, welche die Lichtstrahlen bricht, eine Abänderung, indem selbst in den vollen Schatten Lichtstrahlen, wenn auch äusserst geschwächt, eindringen und dessen Dunkel mildern können. Dennoch kann der Mond in den vollen Erdschatten treten und über zwei Stunden darin sich befinden; die Erde kann aber nur bei kleinerer Entfernung und dann nur mit einem geringen Theile ihrer Oberfläche in den vollen Mondschatten treten; der Halbschatten des Mondes dagegen kann, da er durch keine Distanz beschränkt, auch einen beträchtlichen Theil der Erde treffen.

Tritt die Erde in den Mondschatten, so ereignet sich eine Sonnenfinsterniss (eigentlich Sonnenverdeckung). Sie heisst total für Orte, die in den vollen Mondschatten kommen, wenn der scheinbare Mondhalbmesser grösser als der der Sonne ist; findet aber das Gegentheil statt, so heisst sie ringförmig, indem ein lichter Ring von der Sonne sichtbar bleibt. Die Axe des Schattenkegels beschreibt auf der Erdoberfläche eine Curve, zu deren beiden Seiten Zonen von ungleicher Breite liegen mit den Orten, welche eine partielle Sonnenfinsterniss haben. Diese ist um so kleiner, je entfernter die Orte von der besprochenen Curve sind.

Man erkennt aus dem Vorhergehenden, dass Sonnenfinsternisse nur beim Neumonde und unter der Bedingung stattfinden können, wenn der Neumond mit einem der beiden Mondsknoten ganz genau oder nahezu zusammenfällt. Durchschnittlich ist dies in 18 Jahren bei 40mal möglich, für jeden bestimmten Punct der Erde jedoch nur einmal in zwei Jahren. Aber erst in etwa 200 Jahren hat irgend ein beliebiger Ort der Erde eine totale Sonnenfinsterniss zu erwarten, und die ringförmigen sind fast eben so selten.

Anmerkung. Die totale Sonnenfinsterniss ist von einer eigenthümlichen Dunkelheit — weder Nacht noch Dämmerung — begleitet. Man erkennt die hellern Sterne und der schwarze Mondrand ist von einem breiten, glänzenden, hochrothen Ringe umgeben. Man sieht den Mondschatten ankommen und über die Erdoberfläche hinwegjagen, ähnlich wie der der Wolken, welche zuweilen die Sonne verbergen. Aeusserst merkwürdig ist der Eindruck, den eine totale Sonnenfinsterniss auf die organischen Wesen macht. Uebrigens ist es bekannt, welch' ein weites Feld sie von jeher dem Aberglauben eröffneten.

66. Tritt der Mond ganz oder zum Theil in den vollen Erd-

schatten, so findet eine totale oder partielle Mondesfinsterniss statt. Es ist klar, dass dies nur beim Vollmonde und unter der Bedingung geschehen könne, wenn er ganz oder nahezu mit einem der beiden Mondsknoten zusammenfällt. Es trifft dies in 18 Jahren 29mal ein; es gibt also häufiger Sonnen- als Mondesfinsternisse für die Erde, für einen bestimmten Ort auf ihr kommen aber bei drei Mondesfinsternisse auf eine Sonnenfinsterniss, was in deren Dauer den Grund hat. Dass man aus der Gestalt des Erdschattens auf ihre Kugelform schloss, haben wir bereits erwähnt und es mag nur noch bemerkt werden, dass selbst bei totalen Mondesfinsternissen die ganze Mondscheibe mit einem Roth überzogen ist, das nur in dem Mittelpuncte und in dessen Nachbarschaft in dunkle Nacht übergeht.

Anmerkung 1. Der Mond bewirkt auch Bedeckungen der Planeten und Fixsterne, welche die genaueste Methode zur Längenbestimmung darbieten, indem das Verschwinden und Wiedererscheinen derselben unter und vor der Mondscheibe plötzlich geschieht und besonders scharf die Zeiten des Eintrittes beobachtet werden können, wenn er an dem dunkeln Rande erfolgt.

Anmerkung 2. Aus der Bewegung des Mondes und der Sonne ergeben sich besondere Epochen, welche zur Fixirung historischer Ereignisse dienlich sind. Der Zeitraum, nach welchem dieselben Mondesphasen z. B. der Neumond, wieder auf denselben Jahrestag fallen, heisst **Mondeszirkel** und beträgt 19 Jahre, innerhalb welcher Zeit ungefähr die Finsternisse in derselben Ordnung zurückkehren und 223 Mondumläufe erfolgen. Die Zahl, welche anzeigt, das wievielte Jahr irgend ein gegebenes im Mondeszirkel sei, heisst die **goldene Zahl**. Dagegen heisst derjenige Buchstabe, der auf den ersten Sonntag des Jahres fällt, wenn man die ersten sieben Tage des Monats Jänner mit A, B, C, D, E, F, G bezeichnet, der **Sonntagsbuchstabe**, welcher offenbar in verkehrter Ordnung von G nach A um eine Stelle in den gemeinen und in den Schaltjahren um zwei Stellen weiter rückt. Die letztern haben zwei Sonntagsbuchstaben, den einen vor und den andern nach dem Schalttage. Ebenso heisst die Periode von 28 Jahren, innerhalb deren derselbe Sonntagsbuchstabe zurückkehrt, der **Sonnenzirkel**, so wie auch die Zahl, welche anzeigt, das wie vielte Jahr irgend ein gegebenes in dieser Periode sei.

Für den Kalender und für historische Ereignisse kommt noch die nicht astronomische Periode von 15 Jahren — **Inductionszirkel** oder **Römerzinszahl** genannt — zu bemerken.

67. Nach der Erde ist der Mars der Sonne am nächsten; die Entfernung von ersterer wechselt zwischen 7 und 55, die von letzterer zwischen 29 und 35 Mill. Meilen. Seine Bahn ist gegen die Ecliptik unter $1^{\circ} 51'$ geneigt; sein scheinbarer Durchmesser wächst von

3' 3'' bis 23'' und der wahre beträgt 892 Meilen. Seine Masse ist $\frac{1}{2680337}$ jener der Sonne, seine Dichte 0.95 jener der Erde und die Schwerkraft halb so gross wie auf letzterer.

Er glänzt mit einem rothen Lichte, rotirt in $24^h 37' 23.7''$; seine siderische Umlaufszeit beträgt 686.98, die synodische 780.0, die tropische 686.93 Tage. Seine Abplattung beträgt $\frac{1}{16}$.

68. Die nächsten sieben Planeten bilden eine Gruppe. Bode zeigte 1772 zuerst, dass zwischen Mars und Jupiter ein Abstand sei, welcher vermuthen lasse, dass es innerhalb dieses Raumes noch einen Planeten gebe. Nimmt man nämlich den vierten Theil der mittlern Entfernung Merkurs von der Sonne als Einheit, so stellt sich folgendes Gesetz dar:

Mittlere Entfernung von der Sonne

Mercur	4,
Venus	$4 + 2^0.3$,
Erde	$4 + 2^1.3$,
Mars	$4 + 2^2.3$,
Jupiter	$4 + 2^4.3$,
Saturn	$4 + 2^5.3$.

Diese Vermuthung wurde durch die Entdeckung des Uranus, welchem die mittlere Entfernung

$4 + 2^6.3$

entspricht, noch mehr zur Wahrscheinlichkeit, die sich endlich mit dem Beginne des jetzigen Jahrhunderts in Gewissheit verwandelte. Auch Neptun befolgt obiges Gesetz, indem er $4 + 2^7.3$ zur mittlern Entfernung von der Sonne hat.

Man hat mehrfach die Vermuthung ausgesprochen, dass diese kleinen Planeten, welche man auch Asteroiden nennt, durch die Zertrümmerung eines grössern von bestimmter Masse entstanden seien und in der That ist diese Erklärung die einfachste. Uebrigens mögen noch nicht alle aufgefunden sein, wiewohl die jüngste Zeit die länger bekannte Zahl um drei vermehrte.

Ueber ihre Grösse lässt sich wenig Verlässliches angeben, da sie als zu klein in dieser Beziehung nur äusserst unsicher beobachtet werden können, so dass die Angaben über ihre Durchmesser sehr unverlässlich sind. Bei der Pallas beträgt er etwa 0.55'' oder 145 geogr. Meilen. Die mittleren Entfernungen von der Sonne sind bei der Vesta, Juno, Ceres und Pallas beziehungsweise 49, 55, 57 und 57, die grössten und kleinsten von der Erde 23 und 74, 21 und 90, 32 und 82, 24 und 91 Millionen Meilen. Die siderische Umlaufszeit

beträgt bei der Vesta, Juno, Ceres, Pallas und Asträa beziehlich 3 J. 230 T., 4 J. 132 T., 4 J. 224 T., 4 J. 223 T. und 4 J. 63 T. Die tropische ist nur wenig davon unterschieden. Dagegen ist die synodische bei der Vesta 1 J. 139 T., bei der Juno 1 J. 109 T., bei der Ceres und Pallas 1 J. 101 T. Die Neigung der Bahn gegen die Ecliptik beträgt bei der Vesta $7^{\circ} 8'$, bei der Ceres $10^{\circ} 37'$, bei der Juno $13^{\circ} 2'$, bei der Hebe $14\frac{1}{2}^{\circ}$, bei der Pallas $34^{\circ} 36'$, so dass letztere das Maximum unter allen Planeten in dieser Beziehung darbietet.

69. Die folgenden Planeten, welche man auch die äusseren nennt, sind die grössten und unter ihnen überwiegt Jupiter alle andern zusammen, sowohl der Masse als dem Volum nach. Seine Entfernung von der Sonne schwankt zwischen $102\frac{1}{2}$ und $112\frac{1}{2}$, die von der Erde zwischen 82 und 133 Millionen Meilen. Seine Bahn ist gegen die Ecliptik unter $1^{\circ} 18' 42.4''$ geneigt; seine siderische Umlaufszeit beträgt 11 Jahre 314 T. $20^h 2' 7''$, die tropische 11 J. 312 T. $20^h 14' 10''$ und die synodische 1 J. 33 T. 16^h . Seine Masse beläuft sich auf $\frac{1}{1052}$ von jener der Sonne, ist mithin 316mal so gross als die der Erde. Sein scheinbarer Durchmesser wächst von $30''$ bis $49''$, sein wahrer am Aequator beträgt 20018, am Pole 18524 Meilen; mithin ist sein Volum 114mal grösser als das der Erde. Seine Dichte ist 0.239 von jener der Erde und 100 Pfd. auf letzterer wiegen am Jupitersäquator 217 Pfd., an seinen Polen 283 Pfd. Er rotirt in $9^h 55' 26.56''$ mit einer erstaunenswerthen Geschwindigkeit, wesshalb auch seine Abplattung sehr gross ist, nämlich $\frac{1}{14}$. Er hat vier Trabanten, die fast immer in einer Geraden stehen, sich ungemein rasch bewegen, während eines unserer Jahre nahezu 400 Verfinsterungen erleiden und den Hauptplaneten eben so oft verfinstern. Man kann sie ziemlich scharf im Voraus berechnen und die Verspätung der wirklichen Verfinsterung gegen die berechnete kann nur dem Umstande zugeschrieben werden, dass das Licht eine gewisse Zeit braucht, um den Weg vom Jupiter zur Erde zurückzulegen. Auf diese Weise fand Römer 1675 zu Paris die Geschwindigkeit des Lichtes, das $8' 13.15''$ braucht, um die mittlere Entfernung der Erde von der Sonne zurückzulegen.

70. Der nächstfolgende Planet ist der Saturn. Er ist von der Sonne um $186\frac{1}{4}$ bis $208\frac{1}{5}$, von der Erde um $165\frac{1}{2}$ bis 229 Millionen Meilen entfernt. Seine Bahn ist gegen die Ecliptik unter $2^{\circ} 29' 29.9''$ geneigt. Sein scheinbarer Durchmesser wächst von $15''$ bis $21''$, sein wahrer beträgt am Aequator 16.305, an den Polen 14.696 Meilen,

daher $\frac{1}{10.2}$ seine Abplattung ist. An Volum übertrifft er die Erde

772mal. Seine Masse ist $\frac{1}{3530.1}$ von jener der Sonne, mit seinen Ringen $\frac{1}{3500.2}$, seine Dichte 0.130 jener der Erde, die geringste

Dichte (nicht ganz $\frac{3}{4}$ jener des Wassers), die mit Ausnahme der Cometen ein Weltkörper hat. Er rotirt in $10^h 29' 17''$. Ein Centner auf der Erde wiegt an seinem Aequator 75 Pfd., an den Polen 137 Pfd., ein bewundernswerth grosser Unterschied. Eine äusserst merkwürdige Eigenthümlichkeit dieses Planeten sind die ihn umgebenden concentrischen Ringe, die frei in der Ebene seines Aequators schweben. Der Durchmesser des äussern beträgt 37587, der des innern 25492 Meilen, ihre Breite mit Einschluss der Zwischenräume 6047 Meilen und sie stehen von der Oberfläche des Planeten um 4594 Meilen ab; die Dicke ist sehr unbedeutend und beträgt nach *Herschel's* Beobachtungen etwa 22 Meilen. Nach den neuern zerfällt der äussere Ring in mehrere concentrische und es liegen die verschiedenen Ringe nicht in derselben Ebene; auch fällt ihr gemeinschaftlicher Mittelpunkt nicht mit dem des Planeten zusammen. Sie rotiren sämmtlich binnen $10^h 32'$ um den Saturn. — Die siderische Umlaufszeit Saturns beträgt 29 J. 166 T. $23^h 16' 32''$, die tropische 29 J. 154 T. $16^h 30' 10''$ und die synodische 1 J. 12 T. 10^h . Uebrigens hat dieser Planet auch 7 Trabanten, die man aber nicht so genau kennt, wie die Jupiters.

71. Der nächste Planet ist der Uranus. Er ist von der Sonne 378 bis 415, von der Erde $357\frac{1}{4}$ bis $435\frac{3}{4}$ Millionen Meilen entfernt. Sein scheinbarer Durchmesser wächst von $3.5''$ bis $4.3''$ und sein wahrer beträgt 7466 Meilen, so dass sein Volum 82mal grösser als das der Erde ist. Seine Masse ist 19.8mal grösser als die der Erde, seine Dichte aber nur 0.176 jener der Erde, mithin nur wenig grösser als die Saturns. 100 Pfd. auf der Erde wiegen 76.3 Pfd. auf dem Uranus. Seine siderische Umlaufszeit beträgt 84 J. 5 T. $19^h 41' 36''$, die tropische 83 J. 271 T. $3^h 48' 5''$ und die synodische 1 J. 4 T. 10^h . Die Neigung seiner Bahn gegen die Ecliptik ist $46' 28''$.

Uebrigens hat Uranus 6 Monde, von denen man aber nur zwei näher kennt.

72. Der äusserste, bis jetzt bekannte Planet unsers Sonnensystems ist der Neptun. Als eine der jüngsten astronomischen Entdeckungen bedarf er noch vieler Beobachtungen, ehe man Genaueres über ihn anzugeben im Stande sein wird. Folgendes kann somit einstweilen als Approximation angesehen werden:

Entfernung von der Sonne (Erde) **750** Millionen Meilen,
wahrer Durchmesser **8000** deutsche Meilen.

Er hat eine siderische Umlaufszeit von **217.39** Jahren.

Auch wurde am **9. Juli 1847** von *Lasell* in *Liverpool* ein Trabant des Neptun entdeckt.

73. Zu dem Sonnensysteme gehören noch die Cometen, worunter man seit dem frühesten Alterthume Himmelskörper versteht, die sich eben so sehr durch ihre sonderbare, höchst mannigfaltige Gestalt und ungewöhnliche Grösse, als durch ihr plötzliches Auftreten und eben so schnelles Verschwinden auszeichnen.

Die Cometen sind nicht wie die Planeten, deren Bahnen sämmtlich mit Ausnahme jener der Pallas in der Nähe der Ecliptik sich befinden, auf eine Zone des Himmels beschränkt, man findet sie in allen Gegenden desselben. Im Allgemeinen kann man sagen, dass sie sich nach ihrem ersten Auftreten der Sonne nähern, dann unsichtbar werden, und nach einiger Zeit wieder auf der entgegengesetzten Seite erscheinen. Zuweilen sind sie dem unbewaffneten Auge, ja selbst bei Tage sichtbar.

Sie sind dunkle Körper von unbestimmter, neblichter Masse, welche der Kopf des Cometen heisst, und in ihrer Mitte einen stärker leuchtenden, soliden Theil — Kern — hat. Bei den meisten gehen vom Kopfe zwei Lichtströme an der von der Sonne abgewendeten Seite aus, vereinigen sich in einiger Entfernung wieder und bilden den Schweif, der jedoch vielen auch mangelt.

Sie bewegen sich in so excentrischen Ellipsen, dass man ihre Bahnen annähernd als Parabeln betrachtet und erst dann auf die Ellipse übergeht.

Die Anzahl der Cometen ist ungemein gross; in neuerer Zeit findet man jährlich einige. Dennoch kennt man nur den von *Halley*, *Olbers*, *Biela* und *Encke* genauer, obwohl von den meisten die Umlaufszeiten berechnet sind.

Anmerkung. Ueber den uralten Glauben, dass die Cometen von verderblichem Einflusse und Vorboten von Unglücksfällen und allgemeinen Bedrängnissen seien, namentlich über *Forster's* 1829 erschienenes Werk, das ihn vertheidigt, spricht sich sehr launig *Littrow* „in den Wundern des Himmels“ aus.

74. Die dem Sonnensysteme nicht angehörigen Gestirne sind die Fixsterne. Man hat ihre gegenseitige Lage bis in die neuere Zeit für unveränderlich gehalten, und in der That konnten die geringen Veränderungen auch nur durch die neueren Beobachtungen mittels vervollkommneter Instrumente bemerkt werden. Diese eigene

Bewegung kann jährlich bis zu $5.1''$ anwachsen und ist bei ungefähr 500 Fixsternen ausser Zweifel gesetzt, ohne jedoch die Ursache dazu aus dem schon früher angeführten Grunde entschieden angeben zu können.

Man hat sie seit den ältesten Zeiten in besondere Gruppen abgetheilt, die man Sternbilder nennt. Die Figuren der Mythologie, Namen der Thiere u. s. w. kamen an den Himmel und auch die neueren Astronomen haben dazu beigetragen, die Namen zu vermehren und allerlei Dinge an den Himmel zu hängen, so dass dessen Nomenclatur ein äusserst drolliges Chaos bildet.

Auch die einzelnen Sterne haben Namen aus alten Zeiten, welche jedoch von den Neuern durch Buchstaben oder Zahlen ersetzt werden.

Man hat die Fixsterne ferner nach ihrem Glanze in Grössen classen abgetheilt und zwar bald in 12, bald in 20. Dass eine solche Eintheilung keine objective sei, versteht sich von selbst, indem sie von der individuellen Schätzung der verschiedenen Beobachter abhängt. Nach ihr nennt man einen Stern von der

1., 2., 3., 4., 5., 6., ... Grösse, wenn er dem unbewaffneten Auge bei heiterem, jedoch nicht mondhellem Himmel sichtbar wird, je nachdem die Sonne

12° , 13° , 14° , 15° , 16° , 17° , ... unter dem Horizonte steht. Man hat auch Zwischenclassen z. B. $1\frac{1}{2}$, $2\frac{1}{2}$, ... eingeführt, die man durch (1.2), (2.3), ... bezeichnet.

Die Fixsterne zeigen verschiedene Farben; die meisten leuchten weiss, einige gelb, roth, grünlich, bläulich und einige sind in ihren Farben sehr veränderlich.

Ueber ihre Entfernungen von der Erde weiss man noch wenig Sicheres; sie sind jedenfalls so weit entfernt, dass sie (mit noch zu bezweifelnder Ausnahme einiger wenigen) nicht einmal eine jährliche Parallaxe zeigen, mithin der Durchmesser der Erdbahn, d. h. ihre doppelte mittlere Entfernung von der Sonne, also die Länge von 42 Millionen Meilen als unmessbarer Punct erscheint. Würde ein Fixstern die Parallaxe von $1''$ haben, so wäre er über 4 Billionen Meilen von uns entfernt. Diese Entfernung muss der nächste Fixstern haben und es braucht ein Lichtstrahl 3 Jahre, ehe er zur Erde gelangt. Die Zahl der für unbewaffnete Augen sichtbaren Fixsterne beläuft sich auf 2000; durch Fernröhre erkennt man viele Millionen und darunter mehrere Tausende, die sich in zwei oder noch mehr Individuen auflösen und deshalb Doppel- oder mehrfache Sterne heissen. Ebenso gibt es Sternhaufen, die eine Ver-

einigung einer grossen Menge von Sternen in einem kleinen Raum zeigen und Nebelflecken, welche auch die stärksten Fernröhre nicht in einzelne Sterne auflösen vermögen. Mit dem berühmten Instrumente *Rosse's* soll es gelungen sein.

Die kleinen, nur mittels Fernröhren erkennbaren Sterne drängen sich dicht in einem Theile des Himmels zusammen, der eine leuchtende Zone bildet und die *Milchstrasse* heisst. Sie folgt beiläufig der Richtung eines grössten Kreises in einer Breite von 5 bis 15 Graden, zertheilt sich in der Gegend des Sternbildes Schwan in zwei Aeste, die sich südlich vom Scorpion wieder vereinigen. Sie ist mit Sternhaufen und Millionen kleinerer Sterne angefüllt.

VII. Abschnitt.

Darstellung der Himmelskugel und der Erdoberfläche.

75. Es ist begreiflich, dass man die durch ihre Coordinaten ihrer Lage nach bestimmten Punkte der Himmelskugel auf eine Kugelfläche übertragen könne, wenn man nur deren Richtungen berücksichtigt. Man ist dabei nothwendig auf die Fixsterne beschränkt, da nur sie eine fast unveränderliche Lage gegen einander haben. Man nennt die bildliche Darstellung des Himmels mit seinen Fixsternen einen *Himmelsglobus* oder eine *künstliche Himmelskugel*.

Allein auch die Oberfläche der Erde kann man, wenn die geographischen Längen und Breiten ihrer Punkte gegeben sind, auf eine Kugelfläche übertragen, indem bei verkleinertem Massstabe ihre Abweichung von der Kugelgestalt als verschwindend betrachtet werden kann. So z. B. würde, wenn man 4' zum Durchmesser der verjüngten Kugel nähme, die Abplattung noch nicht eine Linie betragen. Die bildliche Darstellung der Erde auf einer Kugelfläche nennt man einen *Erdglobus* oder eine *künstliche Erdkugel*.

76. Um einen Globus zu construiren, zertheilt man die Kugelfläche in mehrere, z. B. zwölf, gleiche sphärische Zweiecke und nimmt an, dass sich jedes in eine Ebene entfalten lasse, wodurch man eine Anzahl ebener Streifen erhält, welche, wenn die gewünschten Punkte ihrer gehörigen Lage nach eingezeichnet sind, auf die Oberfläche einer zustimmenden Kugel auf irgend eine Weise so befestigt werden, dass die zusammengehörigen Linien gut an-

einander anschliessen und überhaupt ein möglichst naturgetreues Bild gewonnen werde.

Der hierzu nöthige Vorgang ist folgender.

Man zieht eine Gerade PP' , trägt, wenn r der Halbmesser des Globus ist, auf ihr $r\pi$ nach einem eigens hierzu berechneten Massstabe auf, halbt sie in Q durch die Senkrechte AA' und macht

$$AQ = QA' = \frac{r\pi}{n}, \text{ wenn}$$

der Globus aus n Streifen zusammengesetzt sein soll.

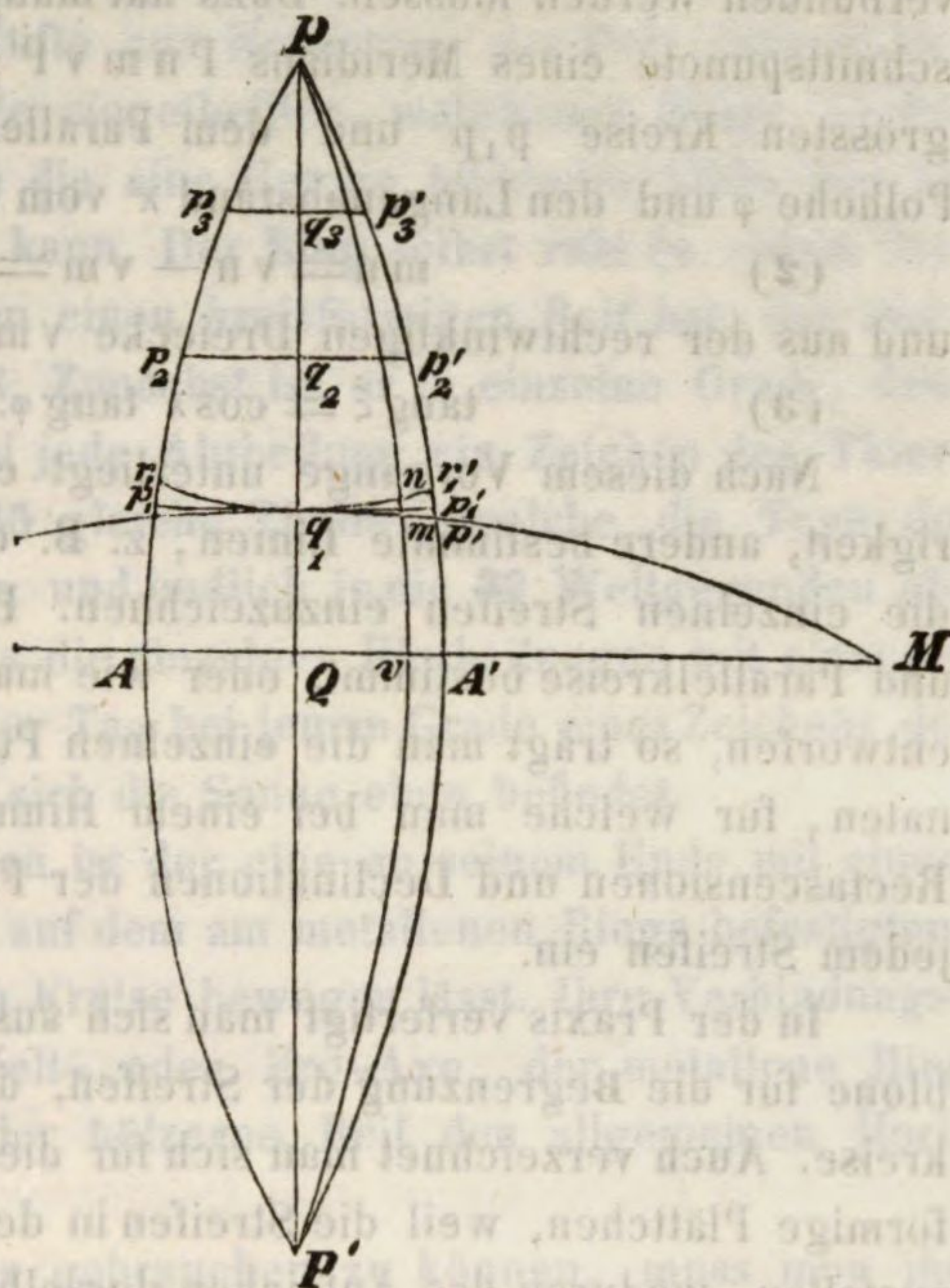
PP' stellt, wie man sieht, den mittlern Meridian des

Streifens und AA' den n^{ten} Theil des Aequators dar. Hierauf theilt man PQ und QP' in so viele, etwa m , gleiche Theile, als man Parallelkreise zu ziehen beabsichtigt und errichtet in den Theilungspuncten $q_1, q_2, q_3, \dots$ die Senkrechten $p_1 p'_1, p_2 p'_2, p_3 p'_3, \dots$ welche sofort Bogen grösster und auf PP' senkrechter Kreise vorstellen und somit gehörig verlängert in dem Pole M des mittlern Meridians PP' sich schneiden müssen, so dass z. B. $q_1 p'_1$ über $q'_1 m p'$ zu liegen kommt. Bezeichnet man durch λ den Längenunterschied von Q und A' , durch φ die Polhöhe von q_1 und setzt $q_1 p'_1 = x$; so erhält man aus dem rechtwinklichten sphärischen Dreiecke $A'p'M$

$$(1) \quad \text{tang } x = \cos \varphi \text{ tang } \lambda,$$

mittels welcher Gleichung man nicht nur die Begrenzung des Streifens, sondern auch die Durchschnittspuncte $m, \dots$ der zwischen dem mittlern und den äussern Meridianen liegenden erhält, wenn man statt φ und λ die betreffenden Werthe setzt. Diese Puncte werden zu einer stetigen krummen Linie verbunden.

Da ferner die Parallelkreise keine Geraden bilden, wenn man das sphärische Zweieck in eine Ebene entfaltet, sondern eine Curve darstellen; so muss man ihre Durchschnittspuncte mit den Meridianen bestimmen, die dann wieder zu einer stetigen krummen Linie



verbunden werden müssen. Dazu hat man, wenn v, m, n die Durchschnittpuncte eines Meridians $P n m v P'$ mit dem Aequator, dem grössten Kreise p, p' und dem Parallelkreise $r, q, n r, r'$ für die Polhöhe φ und den Längenabstand λ' vom mittlern Meridiane $P P'$ sind,

$$(2) \quad m n = v n - v m = \varphi - \xi$$

und aus der rechtwinkligen Dreiecke $v m M$

$$(3) \quad \tan \xi = \cos \lambda' \tan \varphi.$$

Nach diesem Vorgange unterliegt es keiner weiteren Schwierigkeit, andere bestimmte Linien, z. B. die Ecliptik, theilweise in die einzelnen Streifen einzuzichnen. Hat man so die Meridiane und Parallelkreise bestimmt, oder wie man sagt, das Kugelnetz entworfen, so trägt man die einzelnen Puncte mittels ihrer Coordinaten, für welche man bei einem Himmelsglobus nothwendig die Rectascensionen und Declinationen der Fixsterne nehmen muss, auf jedem Streifen ein.

In der Praxis verfertigt man sich aus Kupferblech eigene Chablone für die Begrenzung der Streifen, der Meridiane und Parallelkreise. Auch verzeichnet man sich für die beiden Polgegenden kreisförmige Plättchen, weil die Streifen in der Nähe der Pole sehr spitz ausfallen, wodurch das Aufziehen derselben auf die Kugel sehr mühsam würde. Desshalb pflegt man die Streifen, die bei einem bedeutenderen Halbmesser überdies in zwei Theile getheilt werden, nur bis zu 80° vom Aequator auf und abwärts zu zeichnen. Der übrige Theil ergibt sich in einem Stücke für alle Streifen zugleich auf folgende Weise.

Ist allgemein α der Winkel vom Pole abwärts gezählt, bis zu welchem das Plättchen reichen soll, so ist

$$r - r \cos \alpha = 2 r \sin^2 \frac{1}{2} \alpha$$

die Höhe des Kugelsegmentes, also

$$4 r^2 \sin^2 \frac{1}{2} \alpha \cdot \pi$$

seine Oberfläche, die der eines geraden Kegels von der Seite $r \alpha$ gleichen soll. Ist x der Halbmesser der Grundfläche des letztern, so wird

$$r \cdot \alpha \cdot x \cdot \pi$$

seine Mantelfläche und es ist

$$r \alpha \pi x = 4 r^2 \pi \sin^2 \frac{1}{2} \alpha \text{ oder}$$

$$x = \frac{4 r^2}{\alpha} \sin^2 \frac{1}{2} \alpha.$$

Sonach kommt von dem Kreise, dessen Halbmesser $r \alpha$ ist, ein Kreissector auszuschneiden, dessen einschliessender Bogen

$$y = 2 \pi (r \alpha - x) \text{ ist.}$$

77. Ist die Kugel mit den ausgefüllten Streifen und Polplättchen belegt, so werden zwei Stifte zur Markirung der Pole eingeschlagen und in einem in Grade eingetheilten metallenen Ringe so befestigt, dass die Kugel um die eine Gerade bildenden Stifte wie um eine Axe gedreht werden kann. Der Ring selbst ruht in einem Stativ von Holz, welches oben einen kreisförmigen Reif hat, der mehrere Eintheilungen enthält. Zunächst ist er in einzelne Grade, dann in 12mal 30 Grad, wobei jede Abtheilung ein Zeichen des Thierkreises trägt, ferner in 365 gleiche Theile, welche die Tage des gemeinen Jahres vorstellen, und endlich in die 32 Weltgegenden abgetheilt und zwar so, dass die einzelnen Eintheilungen mit einander harmoniren, und z. B. jeder Tag bei jenem Grade eines Zeichens des Thierkreises steht, indem sich die Sonne eben befindet.

Von den beiden Stiften ist der eine an seinem Ende mit einem Zeiger versehen, der sich auf dem am metallenen Ringe befestigten, in 24 Stunden abgetheilten Kreise bewegen lässt. Ihre Verbindungslinie stellt offenbar die Welt- oder Erd-Axe, der metallene Ring den fixen Meridian und der hölzerne Reif den allgemeinen Horizont vor.

78. Um einen Globus gebrauchen zu können, muss man ihn erst orientiren.

Bei einem Himmels globus geht man auf folgende Weise vor.

Man stellt den betreffenden Pol über den Horizont auf einen Winkel, welcher der Polhöhe des Beobachtungsortes gleich ist, wodurch dessen Zenith auf den höchsten Punct des Globus kommt, sucht auf dem Horizonte den Ort, wo sich an dem gegebenen Tage die Sonne befindet, bringt denselben unter den obern Theil des Meridians, nimmt den Zeiger weg und stellt ihn bei unverrücktem Stande des Globus auf 12 Uhr. Hierauf bringt man den Meridian in die Mittagslinie, wozu eine gewöhnlich am Fussgestelle angebrachte Magnetnadel dient und dreht den Globus um die Axe, bis der Zeiger auf die gegebene Stunde trifft.

In dieser Lage kann man die Fixsterne am Himmel kennen lernen, indem man seinen Standpunct nach dem Augenmaasse mit dem Mittelpuncte des Globus verbindet und auf demselben die Namen findet, welche sie haben.

Zur Orientirung des Erd globus genügt es im Allgemeinen den Meridian in die Mittagslinie und auf die Polhöhe des Beobachtungsortes zu stellen.

Ist der Globus orientirt, so kann man damit verschiedene Auf-

gaben, wenn auch nicht mit mathematischer Schärfe, lösen. Da jedoch ihre Lösungen ganz einfach sind, so beschränken wir uns darauf, die wichtigeren Probleme bloß aufzustellen.

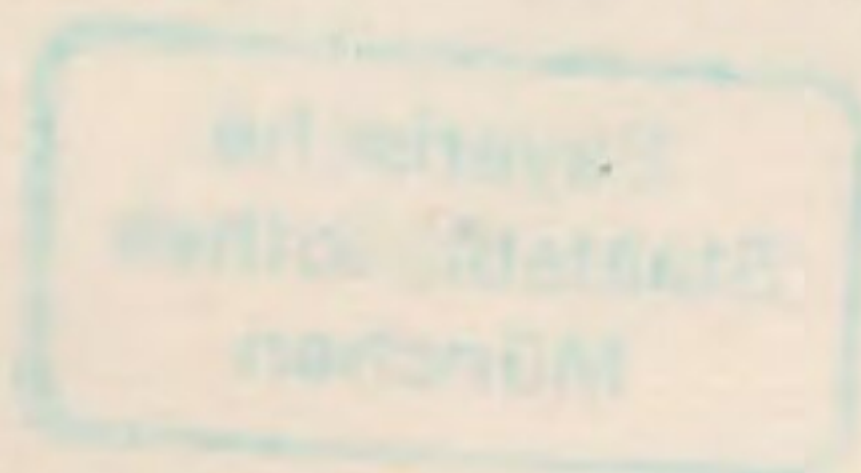
79. Probleme für den Himmelsglobus.

- 1) Die Circumpolarsterne für irgend einen Ort,
- 2) den Auf- und Untergang der Sonne für einen gegebenen Tag und Ort, also die Tagesdauer, ferner die Dauer des längsten und kürzesten Tages zu finden;
- 3) den Tag, an welchem ein gegebener Fixstern bei Sonnenuntergang aufgeht,
- 4) den Tag, an welchem ein Fixstern zu einer gegebenen Stunde für einen gegebenen Ort auf- oder untergeht, zu bestimmen;
- 5) für einen gegebenen Ort und Tag die Auf- oder Untergangs- oder Culminationszeit eines gegebenen Fixsternes,
- 6) für einen gegebenen Tag die Rectascension und Declination der Sonne, so wie die Höhe und das Azimuth, die Breite und Länge, Morgen- und Abendweite eines Gestirnes zu finden;
- 7) den Ort des Mondes oder eines Planeten, dessen Länge und Breite oder Rectascension und Declination man für eine gegebene Zeit kennt,
- 8) den Anfang und das Ende der Dämmerung,
- 9) die Entfernung (in Graden) zweier Fixsterne und
- 10) für eine gegebene mittlere Zeit die entsprechende Sternzeit zu finden.

Probleme für den Erdglobus.

Zu finden:

- 1) die Entfernung zweier Oerter,
- 2) für einen gegebenen Ort die Gegenfüßler, Neben- und Gegenwohner,
- 3) die gleichzeitigen Uhrzeiten an verschiedenen Oertern,
- 4) die Coordinaten eines gegebenen Ortes,
- 5) für einen gegebenen Ort die Dauer eines gegebenen Tages, die Höhe und das Azimuth, die Morgen- und Abendweite der Sonne,
- 6) für einen gegebenen Ort die Dauer des längsten und kürzesten Tages, den Anfang und das Ende der Dämmerung,
- 7) für einen gegebenen Ort und Tag die Zenithdistanz der Sonne, ihr Maximum und Minimum, so wie die Oerter, welche die Sonne im Zenithe haben,
- 8) die Oerter, welche eine gegebene Tagesdauer als Maximum haben.
- 9) Die Mitte und das Ende einer Mondesfinsterniss sind für einen



Ort gegeben; man soll die Oerter bestimmen, wo sie gesehen werden kann und die Punkte, wo der verfinsterte Mond auf- und untergeht.

10) Man soll den Weg des Mondschattens bei einer Sonnenfinsterniss und die Oerter bestimmen, für welche sie sichtbar ist.

80. Es ist für sich klar, dass der Halbmesser eines Globus, wenn er das Detail der dargestellten Oberfläche enthalten sollte, sehr gross sein müsste, was — die Kostspieligkeit abgerechnet — für den Gebrauch äusserst unbequem wäre. Man hat daher — mit grösserer oder geringerer Aufopferung der Genauigkeit — die Oberfläche der Erd- und Himmelskugel auf einer Ebene oder auf Flächen, welche die der Kugelfläche nicht zukommende Eigenschaft besitzen, sich in eine Ebene abwickeln zu lassen, auf mehrfache Weise darzustellen gesucht. Eine solche Abbildung nennt man eine Karte.

Wir werden in den folgenden Artikeln nur von den graphischen Darstellungen der Erde und ihrer Theile sprechen, da die Himmels- oder Sternkarten nach denselben Methoden construiert werden können.

81. In Hinsicht auf den Umfang des dargestellten Theiles der Erdoberfläche und auf den Zweck, den man mit einer Darstellung verbindet, erhalten die Karten verschiedene Benennungen.

1) Sie heissen Universalkarten, wenn sie die ganze Erdoberfläche oder eine ihrer Hälften enthalten; — im ersten Falle nennt man sie auch Planiglobien oder Weltkarten und im zweiten Hemisphären. — Sie heissen ferner General-, Particular-, Special- und topographische Karten, je nachdem sie einen ganzen Welttheil oder einzelne Reiche, z. B. das Kaiserthum Oesterreich, oder Theile davon, z. B. das Königreich Böhmen, oder noch kleinere Partien, z. B. die Umgebung von Wien, enthalten. Dabei nennt man eine Particularkarte, auf der auch noch Theile von den Nachbarländern aufgenommen sind, um den gegenseitigen Zusammenhang genau erkennen zu lassen, eine chorographische. Stellt eine Karte blos einen Ort, etwa noch mit dessen nächstem Zugehör, dar, so nennt man sie einen Plan, z. B. Plan von Prag.

2) Karten, welche das Gebirge eines Landes darstellen, heissen orographische und die das Gewässer desselben vorzugsweise ersichtlich machen, hydrographische. Enthalten sie das für die Meer-Schiffahrt Wichtige, so nennt man sie Seekarten. Sind auf ihnen ausser den Meridianen die Windrose oder die Richtungen der Winde verzeichnet, so nennt man sie Compass oder

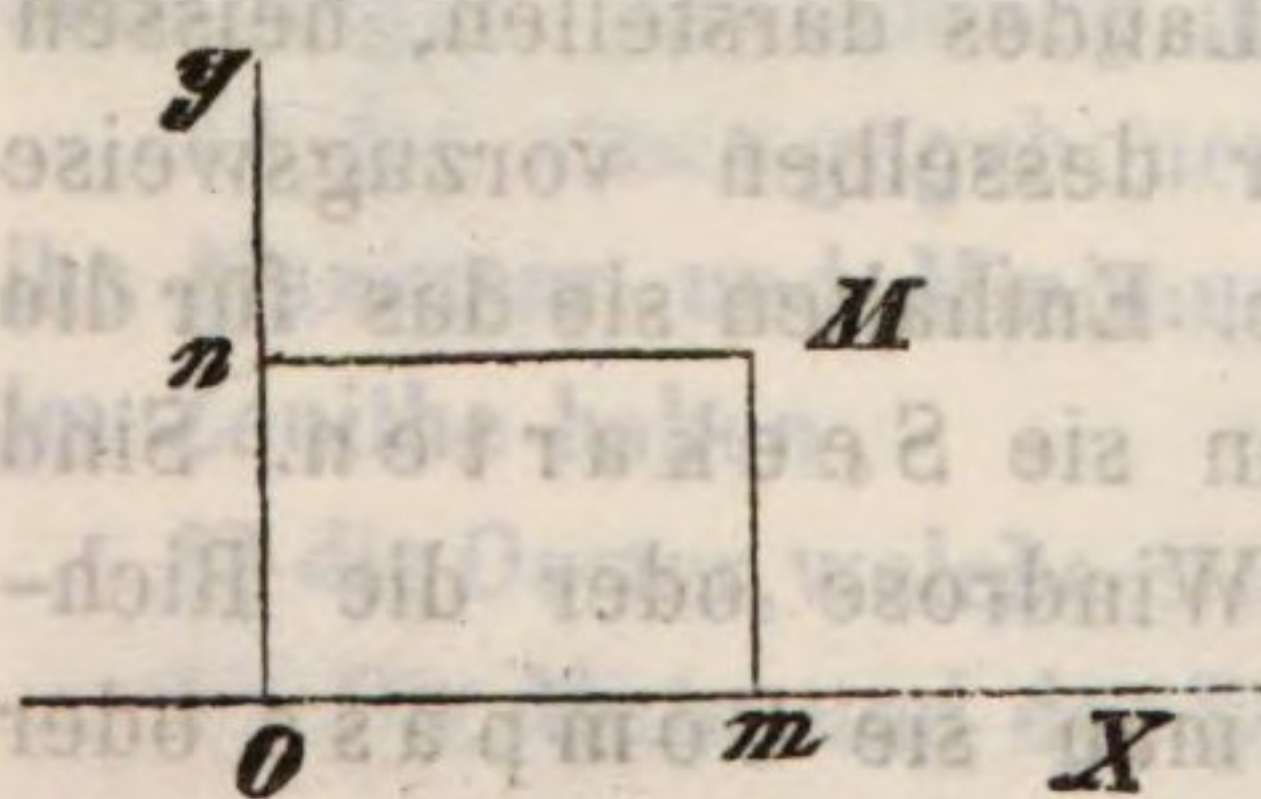
anemographische (Wind-) Karten. Die noch hierher gehörigen Benennungen: Post-, Meilen-, Sprach-, Religions-, Kirchen-, Kloster-, Bergwerks-, Handels-, Industrie-, historische, Kriegs-Karten u. s. w. sind für sich verständlich.

Eine Sammlung von Karten für die ganze Erde oder Theile derselben, nennt man einen Atlas.

82. Es gibt verschiedene Methoden, Karten zu entwerfen; sie heissen Projectionen und weichen, wie es in der Natur der Sache liegt, mehr oder weniger von der Wahrheit ab, indem man auch überdies nach dem besondern Zwecke, den man berücksichtigt, in den deshalb vorzugsweise zu berücksichtigenden Puncten möglichst genau zu sein trachtet, während man in andern die Genauigkeit aufzuopfern gezwungen ist. Doch haben alle Methoden das Gemeinschaftliche, zunächst die Lage der Meridiane und Parallelkreise des darzustellenden Theiles der Erdoberfläche — das Netz — zu entwerfen. In dieses Netz werden die Hauptpuncte, deren Coordinaten, die geographische Breite und Länge, gegeben sind und hierauf die nöthigen Zwischenpuncte eingetragen, um das Detail zu erhalten. Die Lage der letztern gegen erstere kann auf verschiedene Weisen gegeben sein. Man sieht hieraus, dass die grössere oder geringere Genauigkeit des Netzes zugleich das Maass für die Genauigkeit der ganzen Karte, mithin der dazu benützten Projectionsmethode sei. Offenbar wird man die Forderung stellen, jeden Theil der projecirten Erdoberfläche seiner Gestalt möglichst ähnlich zu machen, was, analytisch ausgesprochen, die Bedingung gibt: „dass die Elemente der Karte jenen der Erdoberfläche ähnlich, also proportional seien.“ Bezeichnet man daher durch E ein Element der Erdoberfläche und durch e eines der Karte, so soll

$$\frac{e}{E} = m$$

eine constante Zahl sein, welche man das Maassstabverhältniss nennt.



83. Es seien in der Projectionsebene O der Ursprung eines rechtwinkligen Coordinatensystems, OX die positive Halbaxe der x , OY jene der y und $x = Om$, $y = Mn$ die Coordinaten des Punctes M, welcher die Projection irgend eines Punctes der Erdoberfläche sein mag, dem die geographische

Breite φ und Länge λ zukommt. Offenbar hängt x und y nur von λ und φ ab und es ist sonach

$$x = f_1(\lambda, \varphi), \quad y = f_2(\lambda, \varphi),$$

wenn f_1 und f_2 irgend welche Functionen bedeuten. Es lässt sich aber zeigen, dass es bei der sphäroidischen Gestalt der Erde gar nicht möglich sei, der Gleichung

$$\frac{e}{E} = m$$

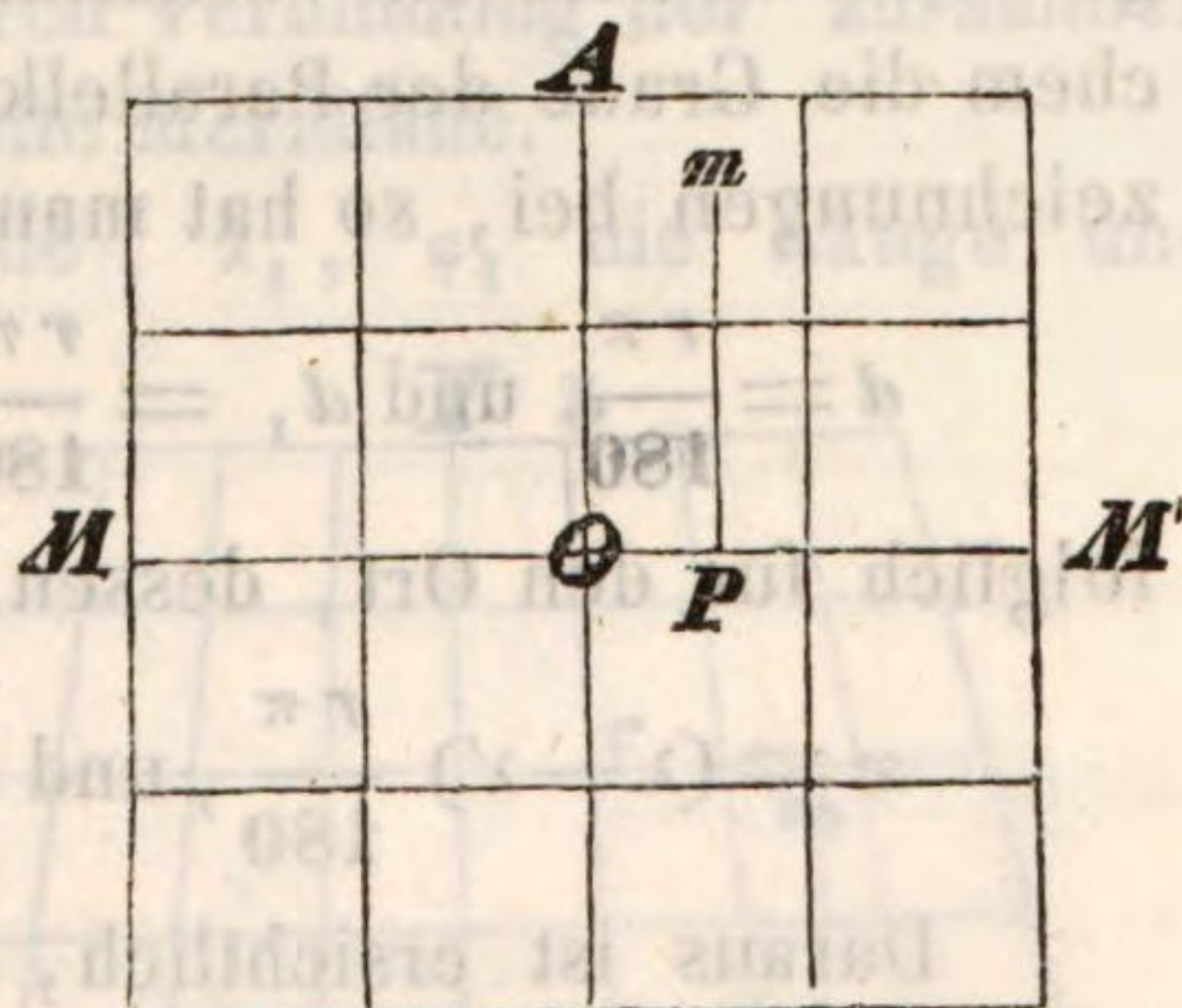
für ein constantes m Genüge zu leisten und danach die Functionsformen f_1 und f_2 zu bestimmen. Desshalb muss man sich begnügen, die Unterschiede zwischen den Elementen der Karte und der Erdoberfläche unter Voraussetzung irgend eines Maassstabes auf ein Kleinstes zu bringen. Wir müssen uns hier aber darauf beschränken, den Wissbegierigen auf *Schmid's* mathematische Geographie, welche das Wichtigste aus der *Gauss's*chen Preisschrift über diesen Gegenstand enthält, aufmerksam zu machen.

Die gebräuchlichsten Methoden lassen sich in drei Abtheilungen bringen, nämlich in die

- 1) cylindrischen,
- 2) conischen und
- 3) perspectivischen Projectionen.

84. Unter den cylindrischen Projectionen versteht man jene, bei welchen der darzustellende Theil der Erdoberfläche mit einem Theile einer Cylinderfläche verglichen wird, der mit dem der Kugelfläche nahe übereinstimmt. Die Meridiane erscheinen als gerade parallele Linien, die auf dem obern und untern Rande und allen Parallelkreisen, die gleichfalls gerade und unter einander parallel sind, senkrecht stehen. Hierher gehört die Methode, Plattkarten zu zeichnen und die von Mercator.

Für die erste wird der mittlere Parallelkreis MM' zuerst gezogen und nach einem Maassstabe die Entfernung der Meridiane auf ihm aufgetragen. Sie ist auf allen Parallelkreisen, die gleichweit von einander entfernt sind, die nämliche. Ist r der Halbmesser der Erde als Kugel betrachtet (oder des Cylinders) und φ' die geographische



Breite des mittleren Parallelkreises MM' , so wird $2r\pi$ der Umfang eines grössten Kreises und $2r\pi \cos \varphi'$ der des Parallelkreises MM' , also

$$d = \frac{2r\pi}{360} \cos \varphi' = \frac{r\pi}{180} \cos \varphi'$$

die Entfernung der Meridiane und

$$d_1 = \frac{r\pi}{180}$$

jene der Parallelkreise, wenn man beide von Grad zu Grad zieht.

Nimmt man O als Ursprung eines rechtwinkligen Coordinatensystems, O M' als positive Halbaxe der x und O A als jene der y ; so erhält man, wenn O die geographische Länge λ' und die Breite φ' hat, für die Coordinaten der Projection eines Punctes, der λ zur Länge und φ zur Breite hat,

$$x = OP = \frac{\lambda - \lambda'}{180} r\pi \cos \varphi' \text{ und}$$

$$y = mP = \frac{\varphi - \varphi'}{180} r\pi.$$

Man erkennt leicht, dass eine solche Karte an den beiden Rändern am meisten unrichtig sein wird. Die nach dieser Methode verzeichneten Karten heissen **Plattkarten**. Für geringe Flächenausdehnungen ist sie anwendbar und äusserst bequem. Es ist begreiflich, dass man, wenn die darzustellende Fläche nicht in der Nähe des Aequators liegt, durch die beiden Endpunkte des Parallelkreises einen grössten Kreis legt und diesen für den senkrechten Schnitt des in eine Ebene abzuwickelnden Cylinders annimmt. Es ist übrigens nicht schwer, nach diesen Andeutungen für einen solchen Fall das Netz zu berechnen und zu verzeichnen.

Die Projection *Mercator's* (so nennt man *Gerhard Kaufmann*) besteht darin, dass die Parallelkreise wieder auf den unter einander parallelen Meridianen senkrecht stehen und dabei die Breitengrade in demselben Verhältnisse gegen die Pole zunehmen, in welchem die Grade der Parallelkreise abnehmen. Behält man obige Bezeichnungen bei, so hat man

$$d = \frac{r\pi}{180} \text{ und } d_1 = \frac{r\pi}{180} \sec \varphi',$$

folglich für den Ort, dessen Breite φ und Länge λ ist,

$$x = (\lambda - \lambda') \frac{r\pi}{180}, \text{ und annähernd } y = (\varphi - \varphi') \frac{r\pi}{180} \sec \varphi.$$

Daraus ist ersichtlich, dass jeder einzelne Theil der Karte dem Originale ohne merklichen Fehler ähnlich sei, sobald man ihn nach dem gehörigen Maassstabe beurtheilt; keineswegs darf man aber

tiefer liegende Theile mit höher liegenden vergleichen, da jeder einen eigenen Maassstab hat. Die Maassstäbe verhalten sich wie die Secanten der Breiten, wesshalb auch von einem Pole keine Rede sein kann. Karten, welche nach dieser Methode gezeichnet werden, heissen *reducirte* oder auch Karten mit wachsenden Breiten. Danach werden vorzugsweise Seekarten verfertigt, weil der Vorthail damit verbunden ist, dass die sogenannte *loxodromische* (schieflaufende) Linie als Gerade erscheint. Darunter versteht man diejenigen Curven, welche alle Erdmeridiane unter gleichen Winkeln schneiden. Auf dem Erdglobus erscheinen sie spiralförmig, nähern sich in vielen Windungen den Polen und geben den Seefahrern den Weg des Schiffes an, wenn es in der anfänglichen Richtung fortgeführt wird. Ist diese senkrecht auf dem Meridiane, so ist die loxodromische Linie ein Parallelkreis oder der Aequator; in jedem andern Falle kann sie kein Kreis mehr sein. Wie sie aber auch beschaffen sein mag, so wird sie sich doch, wie man leicht erkennt, nach *Mercator's* Projection immer als Gerade darstellen.

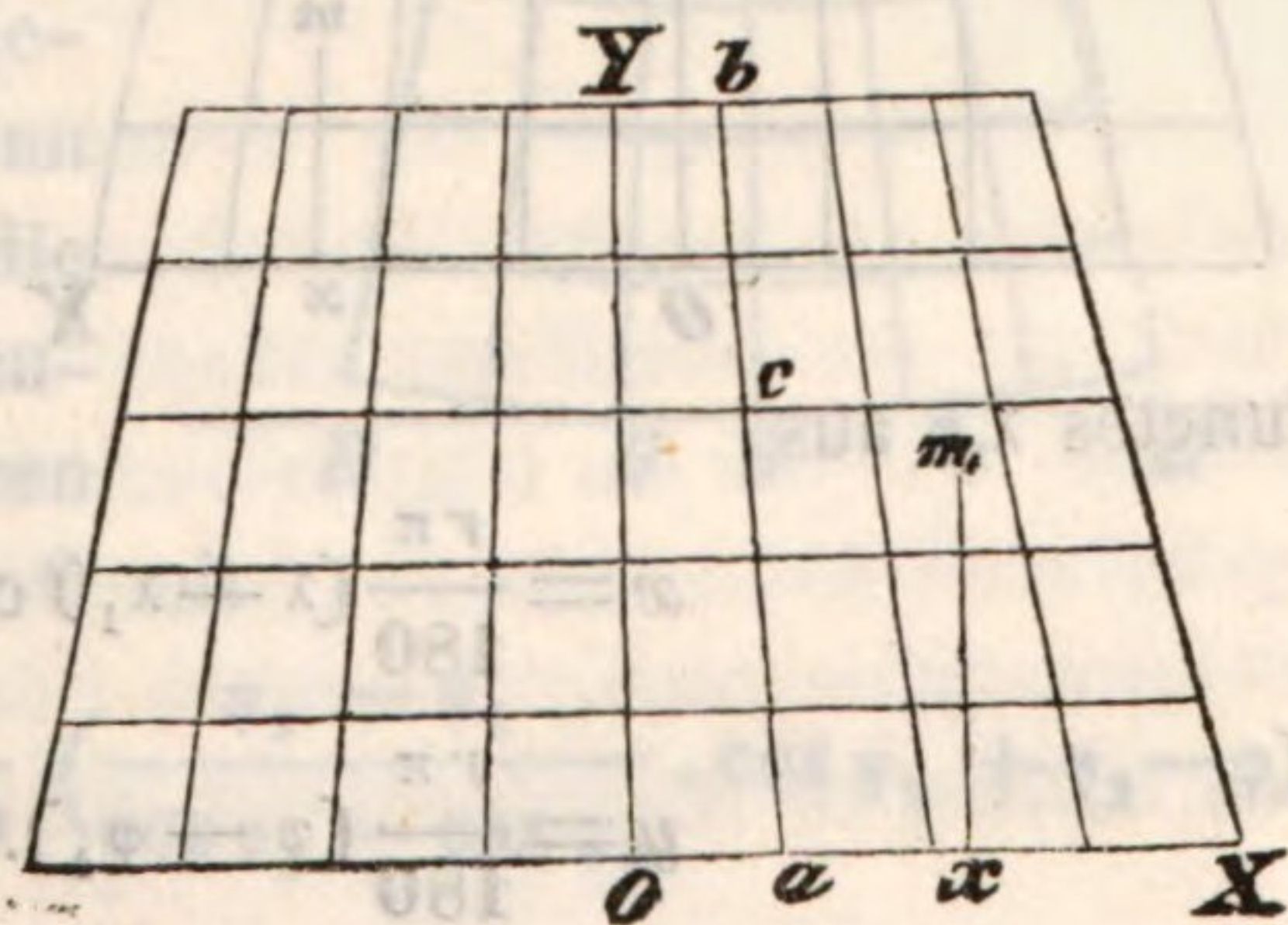
85. Unter den conischen Projectionen versteht man jene Kartenzeichnungs-Methoden, bei welchen man den darzustellenden Theil der Erdoberfläche mit einem Stücke Kegelfläche vergleicht, das nahezu mit jenem zusammenfällt. Die Meridiane und Parallelkreise stellen sich bei denselben theils als gerade, theils als krumme Linien dar.

Die einfachste von diesen Methoden besteht darin, einen die Kugel an dem mittlern Parallelkreise berührenden Kegel sich zu denken, auf dessen in einer Ebene entfalteter Mantelfläche die Parallelkreise als Gerade in gleichen Abständen von einander und parallel, der mittlere Meridian darauf senkrecht gezogen und auf zwei Parallelkreisen die ihren geographischen Breiten entsprechenden Gradlängen aufgetragen werden. Durch Verbindung der zusammengehörigen Punkte erhält man sofort alle Meridiane.

Ist r der Halbmesser der Erde, λ_1 , φ_1 die Länge und Breite des Punctes O , λ_2 und φ_2 für Y , so wird, wenn man die Gradlängen auf den Parallelkreisen O und Y aufträgt,

$$Oa = \frac{r\pi}{180} \cos \varphi_1$$

$$\text{und } Yb = \frac{r\pi}{180} \cos \varphi_2.$$



Sind ferner O der Ursprung eines rechtwinkligen Coordinatensystems und OX , OY die positiven Halbaxen der x , y ; so erhält man für die Coordinaten x , y des projecirten Punctes λ , φ , da $\frac{r\pi}{180}$ der gegenseitige Abstand der Parallelkreise ist,

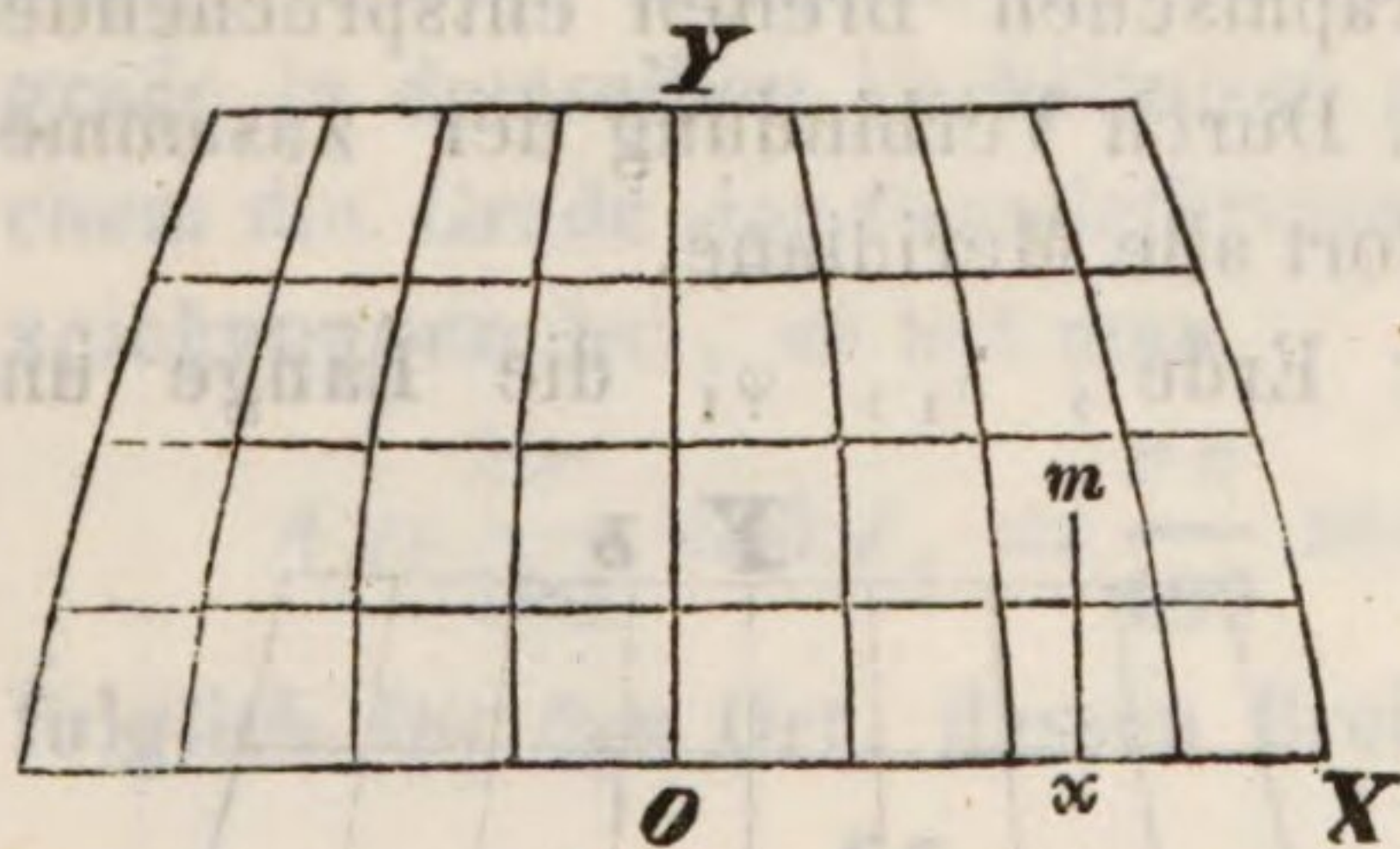
$$x = \frac{r\pi}{180} \left[(\lambda - \lambda_1) \cos \varphi_1 - \frac{\varphi - \varphi_1}{\varphi_2 - \varphi_1} \left((\lambda - \lambda_1) \cos \varphi_1 - (\lambda - \lambda_2) \cos \varphi_2 \right) \right] =$$

Ox und

$$y = \frac{r\pi}{180} (\varphi - \varphi_1) = m x.$$

Bei Karten, die nach dieser Methode gezeichnet werden, steht nur der mittlere Meridian auf den Parallelkreisen senkrecht, die übrigen schliessen um so spitzere Winkel mit ihnen ein, je weiter sie vom mittleren abstehen. Ueberdies haben nur zwei Parallelkreise die wahren Längengrade; demnach gewährt diese Methode bei nicht zu grosser Flächenausdehnung hinreichende Genauigkeit, welche noch vermehrt wird, wenn man vom mittlern Parallelkreise auf- und abwärts auf den zwischen ihm und den Rändern in der Mitte liegenden die Gradlängen aufträgt, welche ihren Breiten zukommen.

Genauer ist die Methode von *Flamsteed*. Dem Kegel wird dabei derselbe Berührungskreis zugewiesen wie bei der vorigen, der mittlere Meridian auf den gleichweit von einander entfernten Parallelkreisen, die wieder gerade und unter einander parallele Linien sind, senkrecht gezogen, auf jedem Parallelkreise aber die seiner geographischen Breite zugehörige Gradlänge aufgetragen. Durch Verbindung der Theilungspuncte zu einer stetigen Curve ergeben sich die übrigen Meridiane.



Punctes λ, φ aus

$$x = \frac{r\pi}{180} (\lambda - \lambda_1) \cos \varphi \text{ und}$$

$$y = \frac{r\pi}{180} (\varphi - \varphi_1).$$

Ist der Punct O , welcher λ_1 und φ_1 zur Länge und Breite hat, der Ursprung eines rechtwinkligen Coordinatensystems, für welches OX , OY die positiven Halbaxen der x und y sind; so erhält man die Coordinaten x , y eines beliebigen projecirten

Es ist klar, dass nach der *Flamsteed'schen* Methode die Flächeninhalte der einzelnen Vierecke mit jenen der darzustellenden mehr als nach der vorigen übereinstimmen, obwohl die Genauigkeit gegen die Ränder zu abermals beeinträchtigt wird, wesshalb sie nur bei geringen Flächenausdehnungen anwendbar ist.

Dagegen können nach der Methode von *Delisle* grössere Theile der Erdoberfläche ohne bedeutenden Fehler dargestellt werden. Der Projectionskegel wird dabei wie in den vorigen Methoden und seine Seite in der Mitte der zu projecirenden Fläche für den mittlern Meridian angenommen. In der Verlängerung des letzern wird ein Punct bestimmt, von welchem aus concentrische Kreise in dem Abstände $\frac{r\pi}{180}$ als Parallelkreise beschrieben werden, wenn man sie von Grad

zu Grad zu ziehen beabsichtigt. Dazu denkt man sich zwei derselben in die Längengrade nach ihrem wahren Verhältnisse abgetheilt und die Theilungspuncte durch Gerade verbunden, welche sofort die übrigen Meridiane vorstellen und zugleich die Halbmesser der Parallelkreise bestimmen.

Sind auf AA' und BB' die wahren Grادلängen aa' und bb' in den Breiten φ_2 und φ_1 abgetheilt, so hat man, wenn O der gemeinschaftliche Mittelpunkt der Parallelkreise ist,

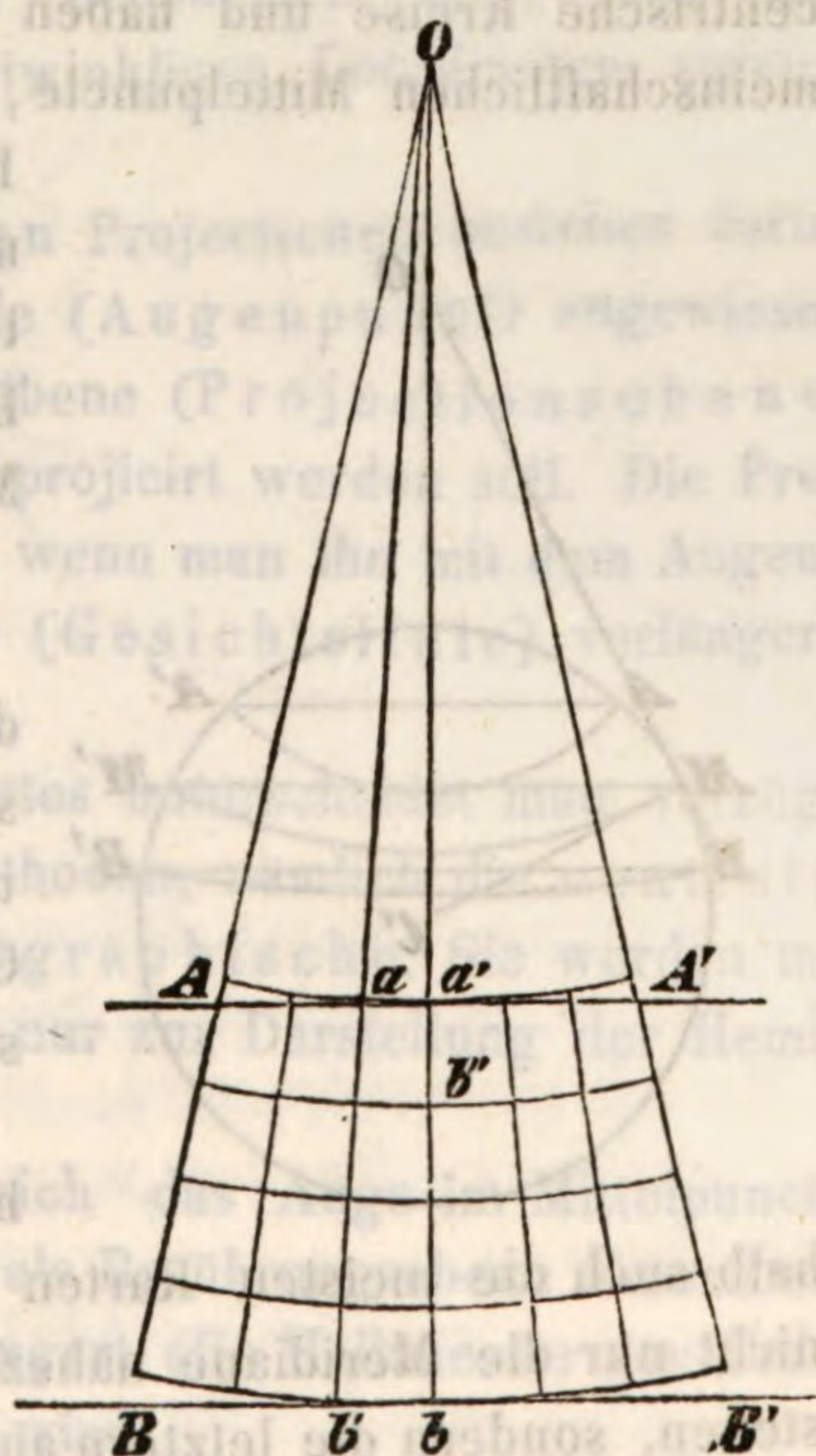
$$\frac{Oa}{Ob} = \frac{aa'}{bb'} \text{ oder}$$

$$\frac{Oa}{Oa + (\varphi_2 - \varphi_1) \frac{r\pi}{180}} = \frac{\cos \varphi_2}{\cos \varphi_1}, \text{ also}$$

$$Oa = \frac{r\pi}{180} \cdot \frac{\varphi_2 - \varphi_1}{\cos \varphi_1 - \cos \varphi_2} \cos \varphi_2,$$

woraus sich der Halbmesser für jeden beliebigen Punct ergibt; denn hat ein zu projecirender Punct die Breite φ und ist λ seine Längendifferenz in Bezug auf den mittleren Meridian, so beschreibt man aus O mit

$$Ox' = Oa + \frac{r\pi}{180} (\varphi_2 - \varphi) = \frac{r\pi}{180} \left(\frac{\varphi_2 - \varphi_1}{\cos \varphi_1 - \cos \varphi_2} \cdot \cos \varphi_2 + \varphi_2 - \varphi \right)$$

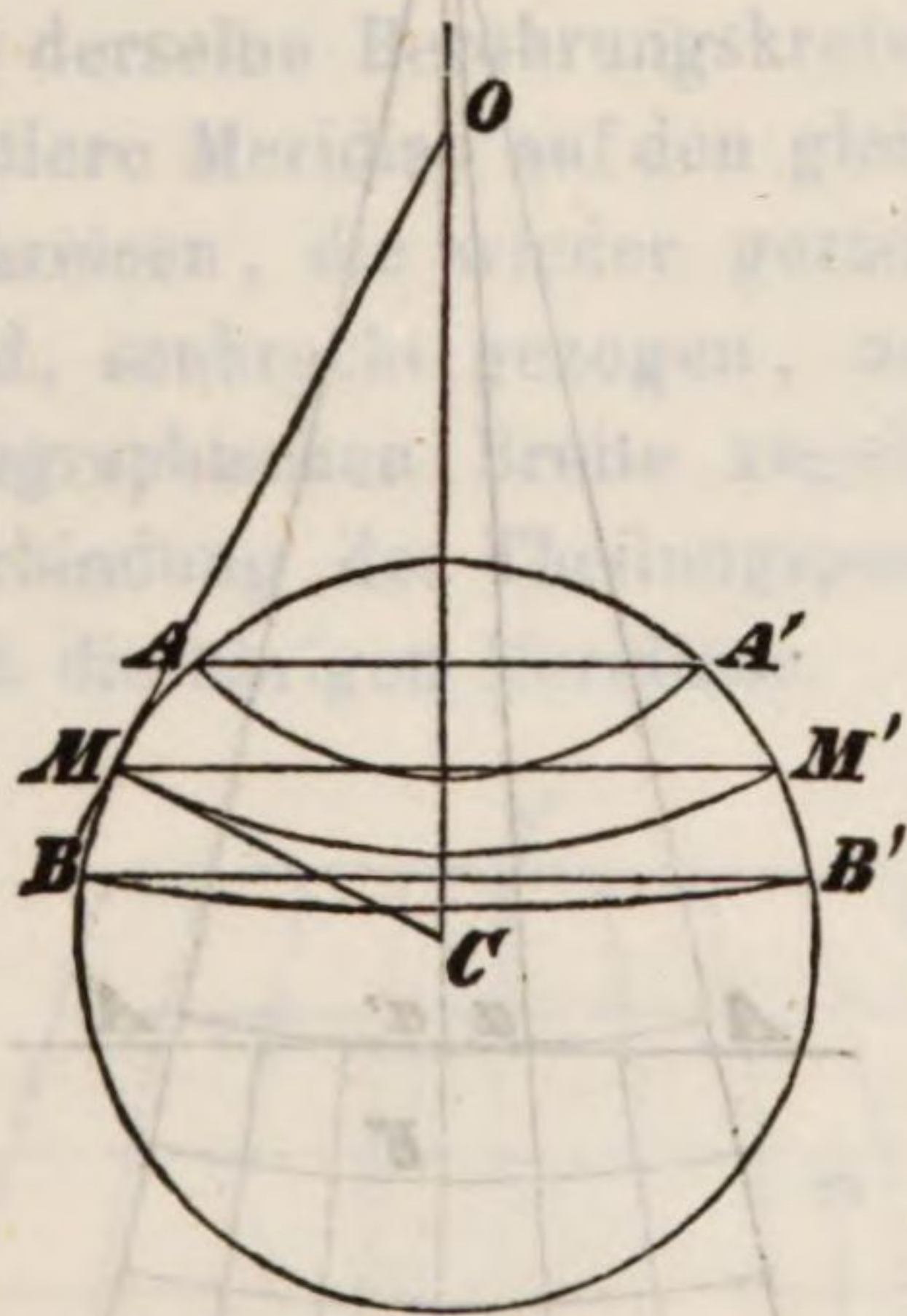


einen Kreisbogen und durchschneidet ihn mit der Sehne λ , um die Projection zu erhalten. Uebrigens unterliegt es keiner Schwierigkeit, die Coordinaten zu bestimmen, wenn man mittels eines rechtwinkligen Coordinatensystems zeichnen wollte; doch ist das eben erklärte Verfahren einfacher.

Wie man sieht, stehen alle Meridiane auf den Parallelkreisen senkrecht, was auch auf der Kugel stattfindet; allein es sind nur zwei von den letztern in Bezug auf die Grادلängen richtig abgetheilt, und zwar bloß relativ, da man sie als Sehnen aufträgt. Es versteht sich übrigens von selbst, dass man die daraus hervorgehende Unrichtigkeit auf dieselbe Weise, wie bei der ersten Methode in diesem Artikel angegeben wurde, auf ihr Minimum bringen könne.

Der angeführte Uebelstand wird durch die Methode von *Bonne* beseitigt. Die Lage des Projectionskegels und des mittlern Meridians, der wieder eine Gerade ist, bleibt dabei wie früher und es wird

abermals letzterer in Theile von der Grösse $\frac{r\pi}{180}$ getheilt, wenn man die Parallelkreise von Grad zu Grad ziehen will. Diese sind concentrische Kreise und haben die Spitze des Kegels zu ihrem gemeinschaftlichen Mittelpunkte, den man auf folgende Weise findet.



Ist nämlich O derselbe und sind MM' der mittlere, AA' und BB' unter den Breiten φ_2 und φ_1 die beiden äussersten Parallelkreise; so ist offenbar, da MM' die Breite $\frac{1}{2}(\varphi_1 + \varphi_2)$ hat,

$$MO = r \cotg \frac{1}{2}(\varphi_1 + \varphi_2).$$

Die concentrischen Kreise werden dann in die ihren Breiten entsprechenden Längengrade abgetheilt und die Theilungspunkte zu stetigen Curven, welche sofort die Meridiane sind, verbunden,

Diese Methode ist von allen bisher angeführten die genaueste, weshalb auch die meisten Karten nach ihr gezeichnet werden, indem nicht nur die Meridiane nahezu auf allen Parallelkreisen senkrecht stehen, sondern die letztern auch die ihren Breiten zugehörigen Längengrade haben und die Flächeninhalte der projecirten Theile fast genau dargestellt werden, besonders wenn man die Längengrade nicht als Sehnen auf den Parallelkreisen anträgt, sondern für jede Breite

den Winkel ξ berechnet, der von den Halbmessern der concentrischen Kreise bei O gebildet wird unter der Voraussetzung, dass sie auf ihren abgeschnittenen Bogen den respectiven Längengraden selbst gleichen. Er ergibt sich für den Parallelkreis von der Breite φ , da $\frac{r\pi}{180} \cos \varphi$ die Grösse eines Längengrades und $r \cotg \frac{1}{2} \varphi$ sein Halbmesser ist, aus

$$\xi \cdot r \cotg \varphi = \frac{r\pi}{180} \cos \varphi \quad \text{oder}$$

$$\xi = \frac{\pi}{180} \sin \varphi.$$

Zu diesem Winkel gehört die Sehne

$$s = 2 r \cotg \varphi \sin \frac{1}{2} \xi = 2 r \cotg \varphi \sin \left(\frac{\pi}{360} \sin \varphi \right),$$

welche man sofort aufzutragen hat, um noch grössere Genauigkeit zu erzielen. In dem eben Gesagten liegt zugleich das Verfahren, welches man beim Einzeichnen irgend eines Punctes von gegebener Breite und Länge zu beobachten hat, und das man auch hier jenem mittels rechtwinkliger Coordinaten vorziehen wird.

86. Die perspectivischen Projectionen bestehen darin, dass dem Auge eine bestimmte Stelle (Augenpunct) angewiesen wird, von der aus es gegen eine Ebene (Projectionsebene) sieht, auf welche die Erdoberfläche projicirt werden soll. Die Projection eines Punctes wird erhalten, wenn man ihn mit dem Augenpuncte verbindet, und diese Gerade (Gesichtslinie) verlängert, bis die Ebene geschnitten wird.

Nach der Lage des Augenpunctes unterscheidet man vorzüglich drei Arten dieser Projectionsmethoden, nämlich die centrale, orthographische und stereographische. Sie werden mit Ausnahme der erstern in der Regel nur zur Darstellung der Hemisphären benützt.

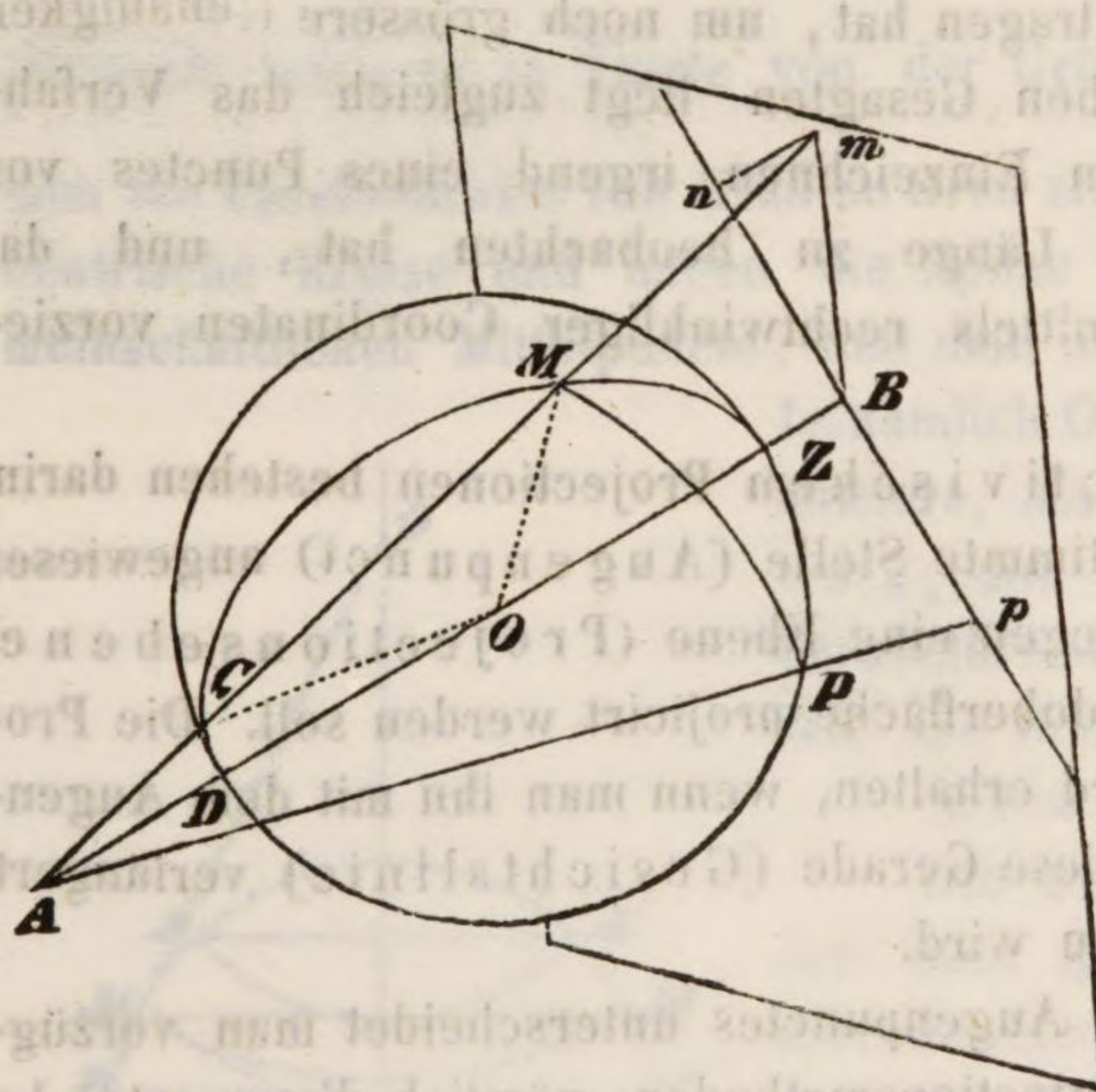
Bei der centralen denkt man sich das Auge im Mittelpuncte der Erde und die Projectionsebene als Berührungsebene derselben, oder mit andern Worten, man verlängert alle Halbmesser der Erde, bis die Projectionslinie geschnitten wird.

Bei der orthographischen wird das Auge in einer unendlichen Entfernung von der Erde und die Projectionsebene senkrecht auf den unter sich parallelen Gesichtslinien gedacht, oder was dasselbe

ist, man fällt, um die Projectionen der einzelnen Punkte zu erhalten, von ihnen aus Senkrechte auf die genannte Ebene.

Bei der stereographischen versetzt man den Augenpunct in die Oberfläche der Erde, und nimmt als Projectionsebene den ihm als Pol zugehörigen grössten Kreis, auf den sofort immer die gegenüberliegende Hemisphäre projicirt wird, oder was das Nämliche ist, man verbindet den Augenpunct mit jedem Punkte der gegenüberliegenden Hemisphäre, wodurch die Projectionsebene von den Gesichtslinien in den gesuchten Punkten durchschnitten wird.

Die Projectionsmethoden heissen nach der Lage der Projectionsebenen Polar-, Aequatorial- oder Horizontal-Projectionen, je nachdem der Augenpunct in einen der Pole oder in einen Punct des Aequators oder in irgend einen beliebigen ausserhalb des letztern und der Weltaxe versetzt wird.



87. Ist O der Mittelpunkt der Erde, A der Augenpunct, auf der Verlängerung von AO die Projectionsebene Bmp in B senkrecht, P der eine Pol und M ein Punct auf der Erdoberfläche, dessen geographische Breite φ und Länge λ ist, so wird

$$PM = 90^\circ - \varphi \text{ und}$$

$ZPM = \lambda$, wenn man den Meridian PZD als ersten annimmt. Setzt

man $AO = a$, $AB = b$, $PZ = \alpha$, $ZM = \beta$, $PZM = \gamma$ und sind m, p die Punkte, in welchen die Projectionsebene von den Gesichtslinien AM, AP geschnitten wird; so hat man, wenn man B als Coordinatenursprung, $Bn = x$, $mn = y$ und den Erdhalbmesser als Einheit nimmt,

$$x = Bm \cos(180^\circ - \gamma) = -Bm \cos \gamma \text{ und}$$

$$y = Bm \sin \gamma.$$

Es ist aber

$$Bm = b \tan mAB$$

und aus dem Dreiecke AOC, worin $ACO = 180^\circ - (\beta - OAC)$,

$$a = \frac{\sin(\beta - OAC)}{\sin OAC} \text{ oder}$$

$$\text{tang } OAC = \text{tang } mAB = \frac{\sin \beta}{a + \cos \beta}, \text{ mithin}$$

$$x = -\frac{b \sin \beta \cos \gamma}{a + \cos \beta} \text{ und}$$

$$y = \frac{b \sin \beta \sin \gamma}{a + \cos \beta}.$$

Aus dem sphärischen Dreiecke PMZ folgt aber

$$\sin \beta \sin \gamma = \cos \varphi \sin \lambda,$$

$$\sin \beta \cos \gamma = \frac{\sin \varphi - \cos \alpha \cos \beta}{\sin \alpha} \text{ oder da}$$

$$\cos \beta = \cos \alpha \sin \varphi + \sin \alpha \cos \varphi \cos \lambda \text{ ist,}$$

$$\sin \beta \cos \gamma = \sin \alpha \sin \varphi - \cos \alpha \cos \varphi \cos \lambda$$

und es ist hiermit

$$x = \frac{b(\cos \alpha \cos \varphi \cos \lambda - \sin \alpha \sin \varphi)}{a + \sin \alpha \cos \varphi \cos \lambda + \cos \alpha \sin \varphi} \text{ und}$$

$$y = \frac{b \cos \varphi \sin \lambda}{a + \sin \alpha \cos \varphi \cos \lambda + \cos \alpha \sin \varphi}.$$

I. Für die centrale Horizontalprojection wird

$$a = 0 \text{ und } b = 1, \text{ also}$$

$$x = \frac{\cos \alpha \cos \varphi \cos \lambda - \sin \alpha \sin \varphi}{\sin \alpha \cos \varphi \cos \lambda + \cos \alpha \sin \varphi} \text{ und}$$

$$y = \frac{\cos \varphi \sin \lambda}{\sin \alpha \cos \varphi \cos \lambda + \cos \alpha \sin \varphi}.$$

Durch Elimination von φ erhält man nach gehöriger Reduction

$$y = x \text{ tang } \lambda \cos \alpha + \sin \alpha \text{ tang } \lambda$$

als Gleichung für die Projectionen der Meridiane, welche somit sämtlich gerade Linien sind.

Die Gleichung für die Projectionen der Parallelkreise erhält man durch Elimination von λ aus den obigen; sie ist

$$y^2 \sin^2 \varphi + x^2 (\sin^2 \varphi - \sin^2 \alpha) + 2x \sin \alpha \cos \alpha = \cos^2 \varphi - \sin^2 \alpha$$

und es ist somit diese Projection im Allgemeinen eine Kegelschnitts-
linie, also eine Gerade, Parabel, Ellipse, Hyperbel oder ein Kreis.

Für die centrale Polarprojection ist überdies

$$a = 0 \text{ und es wird}$$

$$x = \cotg \varphi \cos \lambda \text{ und}$$

$$y = \cotg \varphi \sin \lambda, \text{ also}$$

$$y = x \tan \lambda$$

die Gleichung der Projectionen der Meridiane und

$$y^2 + x^2 = \cotg^2 \varphi$$

jene für die Projectionen der Parallelkreise. Die der Meridiane sind sofort gerade Linien, jene der Parallelkreise hingegen Kreise vom Halbmesser $\cotg \varphi$.

Bei der centralen Aequatorialprojection ist $\alpha = 90^\circ$, also

$$x = -\frac{\tan \varphi}{\cos \lambda} \text{ und}$$

$$y = \tan \lambda,$$

welche letztere Gleichung zugleich die für die Projectionen der Meridiane ist, die somit gerade und zwar sämmtlich zu einander parallele Linien sind.

Für die Projectionen der Parallelkreise erhält man

$$y^2 - x^2 \cotg^2 \varphi = -1$$

d. h. sie sind Hyperbeln von den Halbaxen $\tan \varphi$ und 1.

II. Für die orthographische Horizontalprojection wird a und b unendlich gross, wesshalb die Grösse

$$\sin \alpha \cos \varphi \cos \lambda + \cos \alpha \sin \varphi$$

im Nenner als verschwindend in Bezug auf α betrachtet werden muss. Da ferner a und b nur um eine endliche Grösse differiren, so wird

$$\frac{a}{b} = 1, \text{ mithin}$$

$$x = \cos \alpha \cos \varphi \cos \lambda - \sin \alpha \sin \varphi \text{ und}$$

$$y = \cos \varphi \sin \lambda.$$

Daraus ergibt sich als Gleichung für die Projectionen der Meridiane

$$y^2 (1 - \cos^2 \alpha \sin^2 \lambda) - x y \cos \alpha \sin 2\lambda + x^2 \sin^2 \lambda = \sin^2 \alpha \sin^2 \lambda$$

und für die der Parallelkreise

$$y^2 \cos^2 \alpha + 2 x \sin \alpha \sin \varphi + x^2 = \cos (\alpha + \varphi) \cos (\alpha - \varphi).$$

Die Projectionen beider sind somit Ellipsen.

Für die orthographische Polarprojection ist überdies $\alpha = 0$, somit

$$x = \cos \varphi \cos \lambda \text{ und}$$

$$y = \cos \varphi \sin \lambda.$$

Als Gleichung für die Projectionen der Meridiane erhält man

$$y = x \tan \lambda$$

und für die der Parallelkreise

$$y^2 + x^2 = \cos^2 \varphi;$$

somit sind erstere gerade Linien, letztere aber Kreise vom Halbmesser $\cos \varphi$.

Für die orthographische Aequatorialprojection ist $\alpha = 90^\circ$, mithin

$$x = -\sin \varphi \text{ und } y = \cos \varphi \sin \lambda.$$

Die erste Gleichung ist zugleich die für die Projectionen der Parallelkreise, welche sich sofort als gerade Linien darstellen. Für die der Meridiane erhält man

$$\left(\frac{y}{\sin \lambda}\right)^2 + x^2 = 1.$$

und sie sind sonach Ellipsen.

III. Für die stereographische Horizontalprojection wird $\alpha = 1$ und $b = 1$, also

$$x = \frac{\cos \alpha \cos \varphi \cos \lambda - \sin \alpha \sin \varphi}{1 + \sin \alpha \cos \varphi \cos \lambda + \cos \alpha \sin \varphi} \text{ und } y = \frac{\cos \varphi \sin \lambda}{1 + \sin \alpha \cos \varphi \cos \lambda + \cos \alpha \sin \varphi}.$$

Daraus folgt als Gleichung für die Projectionen der Meridiane

$$\left(y + \frac{\cotg \lambda}{\sin \alpha}\right)^2 + (x - \cotg \alpha)^2 = \frac{1}{\sin^2 \alpha \sin^2 \lambda},$$

und für die der Parallelkreise

$$y^2 + \left(x + \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha + \sin \varphi}\right)^2 = \left(\frac{\cos \varphi}{\cos \alpha + \sin \varphi}\right)^2;$$

d. h. beide sind Kreise.

Für die stereographische Polarprojection ist $\alpha = 0$, mithin

$$x = -\cos \lambda \tg \frac{1}{2}(90^\circ - \varphi) \text{ und } y = \sin \lambda \tg \frac{1}{2}(90^\circ - \varphi).$$

Daraus ergibt sich

$y = x \tg \lambda$ als Gleichung für die Projectionen der Meridiane und

$y^2 + x^2 = \tg^2 \frac{1}{2}(90^\circ - \varphi)$ für die der Parallelkreise. Erstere sind somit gerade Linien und letztere sind Kreise vom Halbmesser $\tg \frac{1}{2}(90^\circ - \varphi)$.

Für die stereographische Aequatorialprojection ist $\alpha = 90^\circ$ und es wird

$$x = -\frac{\sin \varphi}{1 + \cos \varphi \cos \lambda} \text{ und}$$

$$y = \frac{\cos \varphi \sin \lambda}{1 + \cos \varphi \cos \lambda}.$$

Man erhält daher

$$x^2 + (y + \cotg \lambda)^2 = \frac{1}{\sin^2 \lambda}$$

als Gleichung für die Projectionen der Meridiane und

$$y^2 + \left(x + \frac{1}{\sin \varphi}\right)^2 = \cotg^2 \varphi$$

als jene für die der Parallelkreise; mithin stellen sich beide als Kreise dar.

Anmerkung. Alle diese Projectionsmethoden haben den Nachtheil, dass nur der dem Augenpunkte gegenüberliegende Theil der Kugeloberfläche naturgetreu abgebildet wird, und die seitwärts liegenden Theile immer mehr und mehr von dem Urbilde abweichen. Sie werden an den Rändern der Karten bei der centralen im Verhältnisse der Tangenten der Entfernungen von der Mitte zu gross, so dass also eine Halbkugel nicht ganz dargestellt werden kann. In der orthographischen werden diese Theile zu klein, in der stereographischen zu gross, und zwar im Verhältnisse der Tangenten der halben Entfernungen von der Mitte. Man benützt diese Methoden vorzugsweise zu Himmelskarten.

II. Abtheilung.

Physische Geographie.

I. Abschnitt.

Die Erdoberfläche im Allgemeinen.

1. Die physische Geographie als derjenige Zweig der allgemeinen, welcher die Erde als physischen Körper in Betrachtung zieht, hat in diesem Sinne die Beschaffenheit der Erdoberfläche als Festland und Wasser, die der zur Erde gehörigen Atmosphäre, sowohl einzeln als in ihrem gegenseitigen Zusammenhange und endlich die Veränderungen, denen die Erdoberfläche unterworfen ist, in Untersuchung zu nehmen.

2. Die Erdoberfläche bietet zunächst einen zweifachen Aggregatzustand dar; sie ist entweder fest oder flüssig und heisst deshalb entweder Land (Festland) oder Meer (Ocean).

Die ringsum vom Meere eingeschlossenen Theile des Festlandes heissen Inseln und wenn sie durch besonders grosse Dimensionen, welche auffallend gegen die der andern hervortreten, ausgezeichnet sind, Continente, welche wieder in Welttheile (eigentlich Erdtheile) unterschieden werden. Es gibt eine unbestimmte, bis jetzt noch unbekannte Anzahl von Inseln und drei Continente, nämlich:

- a) den östlichen (alte Welt), bestehend aus den Welttheilen Asien, Europa und Afrika,
- b) den westlichen (neue Welt), enthaltend den Welttheil Amerika und
- c) den südlichen (Meer-Welt), welcher den Welttheil Australien enthält, und häufig Oceanien genannt wird, wenn man die anliegenden Inselgruppen (Polynisien) dazu zählt.

Bei der Vergleichung der Continente mit einander lässt sich ausser den von *Forster* gegebenen Bemerkungen wenig Allgemeines aufstellen, wenn es nicht in Spielereien, die allerdings das Gedächtniss unterstützen, ausarten soll. *Forsters* Bemerkungen sind folgende:

- a) alle Continente endigen gegen Süd in schmale hohe Felsenspitzen,
- β) auf der Ostseite der Südspitzen aller Continente liegen grosse Inseln (*Falkland's* Inseln, *Madagascar*, *Ceylon*, *Neu-Seeland* und

γ) alle Continente haben auf ihrer Westseite einen grossen Meerbussen (*Lima, Guinea, Indus-Mündung, Nuits-Land*).

3. Asien, Afrika, Europa und Australien liegen auf der östlichen, Amerika auf der westlichen Halbkugel.

Europa befindet sich mit seiner Hauptmasse in der nördlichen gemässigten Zone und nur mit dem nördlichsten Theile in der nördlichen kalten. Asiens Hauptmasse liegt in der nördlichen gemässigten, ein kleiner Theil in der nördlichen kalten und ein grösserer in der heissen Zone bis an den Aequator, auf dessen Südseite sich aber ein grosser Theil der zu diesem Welttheile gehörigen Inseln befindet. Der grösste Theil von Afrika liegt in der heissen, der übrige in den beiden gemässigten Zonen. Amerika erstreckt sich von der kalten und gemässigten nördlichen Zone durch die heisse bis tief in die gemässigte südliche. Australien liegt so ziemlich mit der einen Hälfte in der heissen und mit der andern in der südlichen gemässigten Zone.

Die Inseln werden im Allgemeinen zu demjenigen Welttheile, welchem sie zunächst liegen, als Zugehör gerechnet. In Bezug auf den Flächenraum zählt

Asien	746.000	geog. □ Meilen,	wovon 72.000	auf die Inseln,
Afrika	524.000	„ „ „ „	10.000	„ „ „
Amerika	666.000	„ „ „ „	5.000	„ „ „
Europa	172.000	„ „ „ „	9.000	„ „ „
Australien	134.000	„ „ „ „	22.000	„ „ „

kommen; d. h. Asien ist 5·57mal, Amerika 4·97mal, Afrika 3·91mal, Europa 1·27mal so gross als Australien.

Sofort enthält (von *Ferro* aus) die östliche Halbkugel 0·703, die westliche 0·297, die nördliche bei $\frac{3}{4}$ und die südliche bei $\frac{1}{4}$ vom ganzen Festlande. Zugleich lässt sich bei dieser Vertheilung des Festlandes und Wassers (ein grösster Kreis auf der Erde denken, der, den Aequator unter beiläufig 45° schneidend, die Erde in zwei Halbkugeln theilt, wovon auf der einen das Festland mehr als die Hälfte des Flächenraumes einnimmt, während auf der andern das Meer gänzlich präponderirt. Nothwendig wird der Schwerpunkt der Erde in Folge der ungleichmässigen Vertheilung des Festlandes und Wassers nicht nur aus dem Mittelpuncte, sondern auch aus der Axe ostwärts gerückt, obwohl kaum beachtenswerth wegen der so grossen Gesamtmasse.

4. Der Ocean nimmt 7,019.000 geographische Meilen oder 0·758 der ganzen Erdoberfläche ein und ist sonach 3·134mal so

gross als das Festland. Er wird in fünf Hauptmeere abgetheilt; sie sind:

- a) das arctische Polar- oder nördliche Eismeer,
- b) „ antarctische „ „ südliche „
- c) der atlantische,
- d) „ grosse Ocean (das stille Meer, die Südsee) und
- e) „ indische Ocean.

Das erstere umgibt die Nordküste von Amerika, Europa und Asien, hängt durch die Behringsstrasse mit dem grossen Oceane und auf der andern Seite breiter mit dem atlantischen zusammen; dagegen ist das südliche Eismeer, das die Gegend des Südpols umgibt, von den drei Oceanen nur durch eine imaginäre Linie — den südlichen Polarkreis — getrennt.

Der atlantische Ocean liegt zwischen den westlichen Küsten der alten und den östlichen der neuen Welt und man pflegt häufig seinen südlichen Theil (um Afrika) das äthiopische Meer zu nennen. Der grosse Ocean befindet sich zwischen den westlichen Küsten Amerika's und den östlichen von Asien und Australien; der indische ist zwischen Asien im Norden, Australien im Osten und Afrika im Westen vom grossen Oceane durch den indischen Archipel und durch Australien — wenn gleich hier zahlreiche Wasserstrassen — im Süden getrennt, wogegen er südlich von Afrika keine bestimmte Scheidung vom atlantischen Oceane hat.

5. Ausser dem Festlande und Wasser, woraus der eigentliche Erdkörper besteht, hat derselbe als Zugehör noch eine luftförmige Flüssigkeit, die Atmosphäre. Sie begleitet die Erde auf ihrer Bahn um die Sonne, rotirt mit ihr um deren Axe, da sie den Gesetzen der Schwere gemäss an sie gebunden ist. Desshalb äussert sie auch einen bestimmten Druck auf jeden Körper.

Die Grösse desselben lässt sich auf folgende Weise finden. Man fülle eine bei 3 Schuh lange und einige Linien im Durchmesser haltende Glasröhre, die an einem Ende geschlossen ist, mit Quecksilber ganz an, verschliesse das andere Ende mit einem Finger und stelle sie so in ein mit Quecksilber gefülltes Gefäss; zieht man nun den Finger weg, so fällt das Quecksilber in der Röhre auf ungefähr $28\frac{1}{2}$ Zoll und bleibt in dieser Höhe über dem Niveau desjenigen im Gefässe. Wie man erkennt, kann es nur dem Drucke der Luft zugeschrieben werden, dass das in der Glasröhre befindliche Quecksilber in der genannten Höhe erhalten wird. Hat die Röhre 1 □ Zoll zur Grundfläche; so wiegt die besprochene Quecksilbersäule 12 Pfund $20\frac{1}{2}$ Loth W. G. (eine Atmosphäre) und gibt somit den Druck der Luft auf einen Quadratzoll an. Wird statt des Gefässes die

Glasröhre umbogen, was offenbar gestattet ist und lässt man das umbogene Ende offen, so erhält man ein Instrument, welches Barometer genannt wird.

Dass die Dichte der Luft mit der Zunahme der absoluten Höhe abnehme, haben wir bereits im Artikel über die Refraction gesagt, ohne das Gesetz der Abnahme anzugeben. Sie erfolgt, wie die Beobachtungen zeigen, in geometrischer Progression, wenn die Höhe in arithmetischer zunimmt. Darauf beruht das Höhenmessen mittels des Barometers. Dagegen kennt man die Grösse der terrestrischen Refraction nicht genau. Man versteht darunter den Unterschied der wahren und scheinbaren Höhe eines beobachteten terrestrischen Objectes, das, wie ein Gestirn, zufolge der verschiedenen Strahlenbrechungen der höhern oder tiefern Luftschichten, dem Beobachter an einem andern Orte erscheint, als wo es sich wirklich befindet, und zwar immer höher. Sie wächst offenbar mit der Entfernung der Gegenstände von einander, da der Weg des Lichtstrahls durch die Luftschichten mit dieser wächst. Sie kann desshalb so bedeutend werden, dass sie bei geodätischen Vermessungen in Rechnung genommen werden muss. Für nicht zu grosse Entfernungen nimmt man Beobachtungen zufolge an, dass die terrestrische Refraction auf 1000 Klafter ungefähr 5 Secunden betrage.

6. Für fast alle, wenigstens für die wichtigsten Veränderungen in der Luft, ist die Wärme, deren Hauptquelle die Sonne ist, die letzte Ursache. Sie hat die Eigenschaft, die Dimensionen aller Körper mit ihrer Zunahme zu vergrössern und zwar so, dass diese Abnahme zu verkleinern Dimensionsunterschiede als Maass für die Grösse der Wärme angenommen werden können. Denn bestimmte Erscheinungen, das Erstarren des Wassers zu Eis, das Sieden des Wassers, das Schmelzen der Metalle u. s. w. sind an eine fixe Wärmegrösse (Temperatur) gebunden. Kennt man daher die Längenausdehnung eines Körpers, z. B. des Quecksilbers, für die Temperatur, bei der das Wasser gefriert (Gefrierpunct) und für die, bei der es siedet (Siedpunct), so gibt die Eintheilung des Dimensionsunterschiedes in irgend eine beliebige Anzahl gleicher Theile zugleich die der Temperatursunterschiede in Theilen, welche man Wärmegrade nennt. Ein solches Instrument, das zum Messen der Temperatur dient, heisst Thermometer und das gewöhnlichste ist das Quecksilberthermometer.

Es besteht aus einem Glashohlcylinder von durchaus sehr genau gleichem Durchmesser. Derselbe endigt auf der einen Seite kugelförmig und wird, nachdem er bis zu einer gewissen Höhe mit Quecksilber angefüllt und alle Luft auf irgend welche Weise daraus entfernt ist, am andern Ende zugeschmolzen. Hierauf bemerkt man den Gefrierpunct, indem man den so

vorgerichteten Glaszylinder in aufthauendes Eis gibt, und den Siedpunct, indem man ihn in siedendes Wasser hält. Je nachdem man nun die Entfernung dieser beiden Punkte in 80, 100 oder 180 gleiche Theile theilt, erhält man ein Thermometer nach *Réaumur*, *Celsius*, *Fahrenheit*, wenn zugleich bei den beiden erstern der Gefrierpunct mit Null, bei dem letztern aber mit 32 bezeichnet wird. Sofort ist, wenn *R*, *C* und *F* die Anzahl der Wärmegrade nach den genannten Thermometern bezeichnen,

$$R = \frac{4}{5} C = \frac{4}{9} (F - 32),$$

$$R = \frac{5}{4} C = \frac{5}{9} (F - 32) \text{ und}$$

$$F = \frac{9}{4} R + 32 = \frac{9}{5} C + 32.$$

II. Abschnitt.

Das Festland.

7. Das Festland, in seinem Verhältnisse zum Oceane, heisst (wie schon gesagt) Insel, wenn es auf allen Seiten vom Wasser umgeben ist, Halbinsel, wenn es nur an einer Seite mit dem übrigen Festlande zusammenhängt, Landenge oder Isthmus, wenn es durch das Meer zu einem schmalen Landstreifen zusammengedrängt, an den beiden andern Seiten mit dem Festlande in unmittelbarer Verbindung steht.

Ist die Halbinsel klein und tritt nur als schmaler Streifen ins Meer, so heisst sie Landzunge.

Die Inseln unterscheidet man nach ihrer Lage in continentale, wenn sie in der Nähe der Continente, und in pelagische, wenn sie selbstständig im Oceane liegen. Man kann im Allgemeinen bemerken, dass die erstern lang gestreckt und meist parallel zu den gegenüberliegenden Küsten sind, während letztere eine mehr gerundete Gestalt haben, obwohl es an Ausnahmen nicht fehlt. Eine Anzahl von Inseln, die nahe an einander liegen und meist eine grössere umgeben, nennt man eine Inselgruppe und wenn sie in bedeutenderer Anzahl vorhanden, gleichsam mehrere Gruppen bilden, einen Archipel.

8. Das Festland ist hinsichtlich seiner Oberfläche, bei welcher der Vergleichbarkeit wegen immer die Erhöhung über die Meeresoberfläche berücksichtigt wird, entweder eben oder uneben.

Dabei soll durch den ersten Ausdruck nur angezeigt werden, dass die Unebenheiten von geringen Dimensionen in Bezug auf die sie umgebenden Theile seien. Hat eine Ebene eine beträchtliche Erhöhung über die Meeresoberfläche, so heisst sie *H o c h e b e n e*, die merkbar Erhöhungen von abgerundeter Form aber werden bei einer Höhe von 200 bis 300 Fuss über die nächste Umgebung *H ü g e l*, bei bedeutenderer, *B e r g e* genannt. Ein in das Meer vorspringender Berg heisst *Cap* (*Vorgebirge*, (*Promontorium*.)

Der unterste Theil eines Berges, wo er sich über die Ebene erhebt, heisst seine *Basis* (*Fuss*) und der höchste sein *Gipfel* (*Kamm*, *Spitze*). Die Gipfel — oder gewöhnlich die Berge selbst — heissen, wenn sie sehr schroff sind, *Hörner*, *Nadeln*, *Spitzen*, *Zähne*, wenn sie minder schroff, *Ballen*, *Bolchen*, *Dôme*, *Kegel*, *Kogel*, *Kopf*, und wenn sie flacher, *Anhöhe*, *Berg*, *Kuppe*, *Plateau*, *Rücken*, *Tafelberg*.

Der Theil eines Berges zwischen dem Fuss und Gipfel heisst sein *Rumpf*, seine Seitenwände nennt man *Abdachung*, *Abfall*, *Abhang* und wenn sie jäh abstürzen, *Wand*.

Wirft ein Berg Steine, Lava u. s. w. unter Feuererscheinung aus, so heisst er *Vulcan* (*feuerspeiender Berg*).

Stehen *Hügel* oder *Berge* in einem ungeordneten Zusammenhange mit einander, so bilden sie ein *Hügel-* oder *Bergland*; ist aber der Zusammenhang ein solcher, dass ein, wenn auch nur einigermaßen abgeschlossenes Ganze gebildet wird, so entsteht in der einfachsten Gliederung eine *Hügel-* oder *Bergkette* mit der Unterabtheilung in *Haupt-* und *Nebenketten*, oder in zusammengesetzterer Verbindung überhaupt ein *Gebirg*. Sind mehrere Ketten nach verschiedenen Richtungen mit einander in geordneter Verbindung, so werden sie zu einer *Gruppe* und mehrere Gruppen bilden ein *System*.

Der Vereinigungspunct der Ketten heisst *Gebirgsknoten*, die obere Kantenlinie die *Gräte* oder der *Kamm*, die Stelle, wo der Kamm eine Einsenkung erleidet, der *Sattel* und der sich darselbst darbietende Uebergangsort, *Thor*, *Pforte* (auch *Sattel*) und *Pass*, welcher insbesondere *Engpass* genannt wird, wenn er schmal ist, was auch schon am Fusse eines Berges stattfinden kann. Uebrigens nimmt man auch die Benennungen: *Col*, *Crematura*, *Furca*, *Port*, *Joch*, *Pass*, *Pforte*, *Thor* für identisch.

Ein von *Hügelketten* und *Gebirgen* ganz durchzogener Land-

strich, wenn auch blos unbedeutendes Bergland oder kleinere Ebenen dazwischen liegen, heisst **Hochland**.

9. Die Gebirge unterscheidet man nach der Gestalt ihrer Grundfläche in

Massengebirge, wenn die einzelnen Berge um einen Mittelpunkt geordnet sind und nach der Länge ungefähr dieselben Dimensionen haben, wie nach der Breite,

in **Kettengebirge**, wenn die einzelnen Berge mehr um eine Linie geordnet sind und die Längendimensionen vorherrschen.

Nach der Form ihrer Oberfläche nennt man sie

Rückengebirge bei gerundeten Formen und nicht grossen Höhendifferenzen zwischen den Spitzen und Fusspunkten;

Alpengebirge bei schroffen Formen und grossen Höhendifferenzen zwischen den Spitzen und Fusspunkten;

Gebirge mit Hochplateaux bei Gipfeln mit einigermaßen ausgedehnten ebenen Flächen, auf denen sich wieder einzelne Berge oder kleinere Ketten erheben können.

Nach ihrer Höhe classificirt man sie

in **Landgebirge**, wenn sie die Höhe von **3000 Fuss** nicht erreichen, (bis zu **1000 Fuss** Höhe nennt man sie wohl auch **Landrücken**);

in **Mittelgebirge**, über **3000** und unter **6000 Fuss** Höhe bei namhafter Längenerstreckung;

in **Hochgebirge**, über **6000 Fuss** Höhe, wenn auch nicht durchaus, so doch stellenweise, bei bedeutender Ausdehnung der Länge nach.

Es ist sehr schwierig, eine genaue Uebersicht über den Zusammenhang, die Vertheilung und Richtung der Gebirge auf der Erdoberfläche zu geben und allgemein geltende Sätze darüber aufzustellen, da die Erdoberfläche weder ganz, noch genau bekannt ist — am wenigsten die Unterlage der Meere — und selbst das Bekannte nur vage Bemerkungen gestattet. In Bezug auf die Richtungen der wichtigsten Gebirge sind etwa folgende Sätze von einiger Allgemeinheit, wiewohl auch sie mehrere Ausnahmen erleiden.

a) Die Richtungen der Hauptgebirge sind mehr oder minder parallel mit den Meridianen oder Parallelkreisen;

b) die erstere dieser Richtungen ist in Afrika, Amerika und Australien, die letztere in den beiden andern Welttheilen vorherrschend;

c) die erstere übertrifft bei Berücksichtigung der Ausnahmen des vorigen Satzes die andere um etwa ein Dritttheil an Ausdehnung und

d) die beiden Richtungen sind in bestimmten, entgegengesetzt liegenden Gegenden vorherrschend, nämlich die nach den Meridianen auf den

westlichen und südlichen, die nach den Parallelkreisen auf der östlichen und nördlichen Halbkugel.

Ein Berg wird als fahrbar angesehen, wenn der Abdachungswinkel zwischen 1° und 15° , als gehbar, wenn er zwischen 15° und 30° , als steigbar, wenn er zwischen 30° und 45° liegt. Aus den Höhen der Gebirge und Ebenen hat *Alexander von Humboldt* die mittlere Erhöhung der Continente über den Meeresspiegel berechnet, d. h. die Höhe, welche sie haben würden, wenn ihre Oberfläche ganz eben wäre. Diese Resultate sind

für Europa 615 F.,

für Nord-Amerika 684 F.,

für Süd-Amerika 1035 F.,

für Asien 1053 F.

Die andern Welttheile sind noch nicht hinreichend bekannt, um eine solche Berechnung, welche überhaupt nur approximativ ist, anstellen zu können.

10. Mehr oder weniger scharf tritt bei den Hochgebirgen (nicht so präcis bei den Mittelgebirgen) die Eigenthümlichkeit auf, dass sich vier Stufen oder Regionen unterscheiden lassen, nämlich die Basis-, Wald-, Alpen- und Fels-Region, die sämmtlich bestimmt characterisirt sind. Sie nehmen beziehungsweise im Mittel bei $\frac{1}{8}$, $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{8}$ und $\frac{1}{4}$ der ganzen Höhe in Anspruch.

Die erstere, gleichsam aus lauter niedern Bergen bestehend, endigt theils in steilen Abhängen, theils verflacht sie sich in die anliegende Ebene. Sie ist am stärksten bewohnt, am besten cultivirt und mit guten Communicationen versehen. Die Wald-Region hat meist gleichförmig abgedachte Seitenwände, häufig ist sie auch terrassenmässig abgestuft; sie ist in gerader Richtung nicht leicht zu ersteigen, und nur mit vielfach gekrümmten Fuss- und Saumwegen versehen, da der Abdachungswinkel im Mittel 45° beträgt. Dieser Theil des Gebirges ist meist mit Holz bewachsen. Die Alpenregion hat keinen kräftigen Baumwuchs mehr, sondern trägt nur an einzelnen Stellen Krummholz, wogegen sie an Gräsern und Futterkräutern sehr reich ist. Obwohl sie viele Unebenheiten hat, so erschweren diese doch meist das bequeme Fortkommen nicht bedeutend. Die Felsregion dagegen, meist ganz aus Felsen bestehend, welche nur noch Flechten und Moose tragen, ist ungangbar, steil und vielfach zerrissen. Sie überragt meist die Schneegrenze, worunter man die Linie versteht, oberhalb deren der Schnee auch im Sommer liegen bleibt. Die absolute Höhe ihrer Lage hängt nicht allein von der geographischen Breite ab, mit deren Zunahme sie abnimmt, sondern auch von örtlichen und andern Ursachen, welche die Abnahme mit dem Wachsen der geographischen Breite stören.

Berge, welche mit ewigem Schnee bedeckt sind, heissen Gletscher und Wader in der Schweiz, Ferner in Tirol, Tauern, Käser in Steiermark und Illyrien, Sernelles in den Pyrenäen, Glaciers in Savoyen und Frankreich, Vednetti in Italien u. s. w.

Weder das Grössenverhältniss der Regionen, noch ihre Zahl ist bei allen Gebirgen gleich, indem die eine oder andere gänzlich fehlen kann; so fehlt häufig die Basis- und noch häufiger die Felsregion.

11. Die Zwischenräume zwischen einzelnen Hügeln und Bergen heissen Thäler und zwar Kesselthäler, wenn sie eine mehr runde als längliche Gestalt haben, Schluchten als beträchtliche Vertiefungen von verhältnissmässig geringer Breite, Schlunde als engste Theile grösserer Thäler und Gründe als Schlunde von grösserer Ausdehnung.

Die Zwischenräume zwischen Gebirgen sind bei bedeutender Breitenausdehnung überhaupt Ebenen und insbesondere Niederungen, Tiefland, Flachland bei geringer absoluten Höhe. Thäler auf Hochländern heissen Gebirgs- und auf Niederungen Landthäler.

Die Thäler unterscheidet man nach ihrer Grösse und Lage in Hauptthäler, wenn sie von dem Hauptrücken der Hoch- und Mittelgebirge ausgehen und deren Ketten trennen; gewöhnlich bilden sich in denselben die grössern fliessenden Gewässer und heissen dann auch Stromthäler, während die andern, nur kleinere Gewässer führenden Bach- oder Flussthäler genannt werden;

in Nebenthäler, welche zwischen den Nebenketten liegen und in Hauptthäler einmünden und

in Seitenthäler, welche zwischen den Ausläufern der Nebenketten gelegen sind und in Nebenthäler auslaufen.

Nach ihrer Richtung heissen die Thäler

Längenthäler, wenn sie zwischen parallelen Gebirgskämmen gelegen deren Hauptlängenrichtung folgen und

Queerthäler, wenn sie sich auf letztere senkrecht stellen.

12. In Bezug auf die Culturfähigkeit werden die Ebenen in fruchtbare, in solche, welche an sich fruchtbar, doch in ihrem natürlichen Zustande zur Erzeugung von Wäldern nicht geeignet sind und endlich in solche abgetheilt, die völlige Unfruchtbarkeit zeigen. Die zwei letzten Gattungen erhalten in verschiedenen Ländern auch eigene Namen. Erstere heissen im Allgemeinen Einöden oder

besser Steppen, letztere Wüsten, innerhalb deren sich aber oft einzelne Strecken — Oasen genannt — befinden, auf denen die Natur mit voller Ueppigkeit die köstlichsten Erzeugnisse spendet. Die Wüsten, welche überhaupt auf der Erde den Flächenraum von 112,000 geogr. □ Meil. einnehmen (*Humboldt*), haben oft eine ungeheure Ausdehnung, wie z. B. die Sahara in Afrika, eine geringere die Steppen. Diese heissen Haiden in Deutschland, Steppen in Süd-Russland, Landes oder Bruyères in Frankreich, Arendales in Spanien; Prairien und Savannen in Nord-, Lanos und Pampas in Süd-Amerika, Dschunglen in Indien, Karruhs in Süd-Afrika.

III. Abschnitt.

Das Meer.

13. Nothwendig ist der Ocean in seinen Formen durch das Festland bedingt und man unterscheidet in dieser Beziehung Mittelmeere, Meerbusen, (Golfe) und Meerengen.

Unter den erstern versteht man grössere Meerestheile, welche sich in das Festland hineinziehen, und durch eine oder mehrere schmale Oeffnungen mit dem Oceane zusammenhängen. Im erstern Falle heissen sie eigentliche, im zweiten aber Mittelmeere mit mehreren Ausgängen. Die in das Festland eingreifenden, nicht so massenhaften Meerestheile heissen Meerbusen, welche wieder in eigentliche, in solche mit mehreren Ausgängen und in offene, wenn sie blos Einbiegungen sind, zerfallen. Sind sie im letztern Falle von bedeutender Ausdehnung, so nennt man sie auch offene Mittelmeere. Kleinere Meerbusen heissen Baien, Buchten und wenn sie einen meist durch Kunst verstärkten, sichern Zufluchtsort für Schiffe gewähren, Rheden und Häfen. Doch ist die Grösse nicht immer der Maassstab zu den Benennungen, die meist der Sprachgebrauch bestimmt, der überhaupt in der geographischen Terminologie die oberste Autorität behauptet.

Ein langer und breiter Ausgang eines Meerbusens oder überhaupt ein langer und breiter Meerstreifen, der zwei Meerestheile verbindet, heisst Canal, (Meeresarm oder Manche, Aermelmeer) und wenn er für Schiffe schwierig zu passiren ist, Sund. Ist er schmal, so heisst er Meerenge und deren schmalste Stel-

len oder sonst sehr schmale Meerengen, werden Strassen, auch Pas genannt.

14. Das Meerwasser ist nicht reines Wasser, sondern enthält constante Beimengungen (worunter am meisten Kochsalz), welche es wegen des bittern und salzigen Geschmacks ungeniessbar machen. Sie sind ihm ursprünglich eigen, da sie durch das fliessende Gewässer ihm nicht zugeführt werden. Dadurch wird es auch dichter und hat im Mittel das 1.03fache der Dichte des reinen Wassers.

Die Natur und Gestalt des Meerbodens ist sehr wenig bekannt; nur so viel ist gewiss, dass auch er im Allgemeinen die Form des Festlandes, Berge, ja Gebirgsketten und dazwischen Thäler und Ebenen habe. Doch vermag man nicht ein Maximum der Tiefe anzugeben, und es lässt sich nur sagen, dass man viele Stellen kennt, wo das Meer unergründet tief ist; einige mehr als 6000 W. Klaf-ter betragende Tiefen hat man gemessen. Es ist natürlich, dass der Meeresboden in der Nähe der Küsten (Grenzen des Meeres und Festlandes) am besten bekannt ist.

An einigen Stellen zeigt das Meer unbedeutende Tiefen, sein Boden tritt nahe an die Oberfläche und bildet Untiefen, Klippen, Sand-, Muschel- und Korallenbänke, welche letztern sehr häufig Inseln als Unterlagen dienen.

Die Farbe des Meerwassers ist in der Regel grünlich, in's Blaue spielend, erleidet jedoch vielfache Abänderungen und locale Modificationen. Nicht bedeutende Tiefen werden im Allgemeinen durch Milchfarbe angezeigt, die jedoch nach der Beschaffenheit des durchscheinenden Meergrundes gleichfalls viele Nuancen darbietet. Denn die Durchsichtigkeit des Meerwassers ist bei weitem grösser als die des fliessenden Gewässers und wächst in der Regel mit den Breitengraden.

Anmerkung 1. Die Benennung einiger Meerestheile durch Farben bezeichnende Namen wird nicht immer durch die Farbe des betreffenden Wassers gerechtfertigt; so ist das schwarze Meer weder dunkler, noch das weisse lichter als andere Meerestheile. Dagegen hat das gelbe Meer seinen Namen von dem gelben Sande, welcher durch die in selbes sich ergiessenden Flüsse herbeigeführt wird, das rothe und das Purpur-Meer von den zahllosen, meist roth gefärbten Korallenbänken, die sich besonders längs der Küsten befinden.

Anmerkung 2. Eine sehr überraschende, prachtvolle Erscheinung ist das Leuchten des Meerwassers, die darin besteht, dass ein segelndes Schiff leuchtende Furchen hinter sich lässt und oftmal eine ganze Strecke, wie mit unzähligen funkelnden Sternen bedeckt, sich darstellt. Sie lässt sich

ganz ungezwungen durch leuchtende Thierchen erklären, welche diese Eigenschaft sowohl lebend, als auch todt, wenn sie in Fäulniss übergehen, besitzen.

15. Aeusserst merkwürdig sind die Bewegungen des Meeres, welche sich in der Ebbe und Fluth und in den Strömungen zeigen.

Unter Ebbe und Fluth versteht man diejenige periodische Bewegung des Meeres, zufolge deren das Wasser ungefähr binnen 24 Stunden zweimal am höchsten (hohe oder volle See) und eben so oft am niedrigsten (tiefe See, Niedrigwasser) steht.

Die Beobachtungen dieser Erscheinungen bestehen in Folgendem.

1) Hat das Wasser seinen höchsten Stand erreicht, so fliesst es ab (Ebbe), was ungefähr 6 Stunden dauert, um auf den niedrigsten zu kommen, worauf es wieder anschwillt (Fluth) und nach abermals beiläufig 6 Stunden am höchsten zu stehen kommt.

2) Ebbe und Fluth verspäten sich täglich um etwa 50 Minuten, so dass ihre Periode genau mit der halben täglichen Umlaufszeit des Mondes übereinkommt, indem beiläufig 3 Stunden nach der Culmination des Mondes die hohe See eintritt.

3) In offener See schwillt das Wasser im Osten an, und fliesst gegen West ab.

4) Einige Fluthen sind stärker als andere und heissen Springfluthen. Sie treten ungefähr 36 Stunden nach dem Neu- und Vollmonde ein; die schwächern — Nippfluthen — dagegen erfolgen etwa 36 Stunden nach dem ersten und letzten Viertel.

5) Die Springfluthen sind am grössten zur Zeit der Nachtgleichen, am kleinsten zur Zeit der Sonnenwenden, in den Wintermonaten auf der nördlichen Halbkugel Morgens stärker als Abends, in den Sommermonaten umgekehrt.

6) Die Fluthen wachsen überhaupt mit der Sonnen- und Mond-Nähe, so dass die grössten Fluthen stattfinden, wenn eine Nachtgleiche mit einem Neu- oder Vollmonde und mit der Sonnen- und Mond-Nähe zusammenfällt.

7) Sowohl in Hinsicht auf Richtung als Dauerzeit und Höhe wird das Phänomen durch locale Verhältnisse, als: Krümmung und besondere Lage der Küste, Einmünden von Flüssen, Winde u. s. w. ungemein modificirt und zwar dergestalt, dass sich die grössten Verschiedenheiten zeigen, ja hie und da das Phänomen kaum erkennbar wird. So kommt das Wasser in der Davis-Strasse von Süd und

fliesst nach Nord ab; so fliesst es in der Meerenge von *Malacca* einen Theil des Jahres hindurch 9 Stunden zu und nur 3 Stunden ab, ja bei *Veracruz* erfolgt binnen 24 Stunden nur eine Ebbe und eine Fluth. In der Ostsee und im schwarzen Meere stellt sich die ganze Erscheinung gar nicht dar und im mittelländischen Meere nur in unbedeutender Grösse. Die Höhe der Fluth ist im Allgemeinen in den gemässigten Zonen am grössten — sie beträgt z. B. an der Westseite von Neuschottland 55 bis 70', bei *St. Malo* an der Küste der *Bretagne* bis 46' — während sie innerhalb der Wendekreise im grossen Oceane bei vielen Inseln nicht über 1' steigt.

16. Ungeachtet der zuletzt angeführten, wohl erklärbaren Abänderungen des wichtigen Phänomens der Ebbe und Fluth lässt sich der Einfluss, den Sonne und Mond darauf ausüben, nicht verkennen und man erklärt, ja berechnet im Voraus die Zeitpunkte des Eintreffens seiner Momente für irgend einen Hafen — *Hafenzeit* — aus der allgemeinen Anziehung, welche die Körper gegenseitig aufeinander äussern. Die anziehenden Körper sind der der Erde am nächsten stehende Mond und die Sonne wegen ihrer ungemein grossen Masse; gegen die Entfernungen beider von der Erde kann deren Halbmesser nicht als verschwindend betrachtet werden und es erleiden mithin die verschiedenen Punkte der Erde auch eine verschiedene Anziehung, welche jedoch nur die flüssigen Theile derselben wegen ihrer leichten Beweglichkeit folgen können. Durch die Axendrehung der Erde und die Bewegung des anziehenden Mondes oder der Sonne (Erde) bleibt daher das Wasser in fortwährender Bewegung und es kommen nach und nach verschiedene Punkte der Erde dem Monde und der Sonne am nächsten zu stehen, wodurch begreiflich wird, dass ein Zu- und Abfliessen des Wassers und zwar ein zweimaliges stattfinden müsse, das von der Culmination des Mondes abhängt. Wirken Mond und Sonne in demselben Sinne anziehend, so muss die Erscheinung verstärkt und im umgekehrten Falle geschwächt werden. Uebrigens spielt der Mond wegen seiner geringen Entfernung von der Erde eine mächtigere Rolle dabei als die entferntere, wiewohl mehr Masse haltende Sonne.

17. Unter den *Meeresströmungen* versteht man jene Bewegungen des Meerwassers, die den Winden in der Atmosphäre ähnlich, in bestimmten Breitendimensionen nach bestimmten Richtungen erfolgen, die Erscheinungen fliessenden Wassers darbietend. Sie haben im Allgemeinen in den Temperaturdifferenzen des Wassers, in der Axendrehung der Erde und dem zeitweiligen Schmel-

zen des Eises in den Polargegenden neben mehreren andern Umständen ihren Grund und lassen sich analog, wie wir die Entstehung der Ostwinde darstellten, erklären. Hervorragende Ländermassen, so wie die Unebenheiten des Meerbodens treten ihnen jedoch theils störend in den Weg, theils vermehren sie die Temperatursunterschiede und bewirken so vielfache Modificationen.

Bei der Aufzählung der wichtigsten constanten Strömungen, welche an der Oberfläche des Meeres vor sich gehen — die in den Meerestiefen kennt man fast gar nicht — folgen wir zum Theile *Cotta*.

I. Im atlantischen Ocean.

1) Der Haupt-Aequatorial-Strom, an der Westküste Afrika's bei Angola beginnend und längs des Aequators gegen die Westspitze von Süd-Amerika gerichtet, wo er sich in zwei an den Küsten hinstreichende Arme zerspaltet, während ein dritter Zweig schon früher nordwestlich ausbiegt. Seine mittlere Geschwindigkeit beträgt 15 geographische Meilen in einem Tage. Der mittlere Zweig dieser Strömung lässt sich mehr oder weniger deutlich bis in den Meerbusen von Mejico verfolgen, aus dessen östlicher Oeffnung zwischen Cuba und Florida

2) der Golfstrom sich ergiesst, bis gegen Washington längs der nordamerikanischen Küste fortströmend, dann aber ganz nach Ost und bei den Azoren in etwas mehr südliche Richtung umbiegend. Seine Geschwindigkeit ist sehr verschieden, zwischen der Insel Be-
mini und der Maternillo-Bank am grössten, indem sie in diesem mittleren Theile 30 geographische Meilen in einem Tage beträgt. Vom Cap Hatteras an erweitert er sich zu einer ausserordentlichen Breite, die allmählig bis auf 150 geographische Meilen steigt.

3) Der nordafrikanische Strom, zwischen Spanien und den Azoren beginnend und längs der Küste Afrika's bis in den Meerbusen von Guinea fortströmend mit einer Geschwindigkeit von sechs Stunden in einem Tage.

4) Die Rennels-Strömung, am Cap Finisterre beginnend, im Bogen längs der Küsten des Meerbusens von Biscaya und nach Irland zu-
strömend.

5) Die südliche Verbindungs-Strömung von der Gegend der Insel Columbus (30° südl. Breite) nach dem Vorgebirge der guten Hoffnung gerichtet, wo sich ein wahrer Stromknoten entwickelt. Ein Arm der Strömung kehrt hier um und wendet sich

6) als südliche atlantische Strömung nach der Insel St. Helena zu, ein anderer Arm ergiesst sich in das indische Meer, während aus diesem zu beiden Seiten von Madagascar Strömungen gegen das Cap hinziehen.

II. Im arctischen Eismeere.

7) Die Polarströmung, theils aus dem der alten Welt gegenüber liegenden Eismeere von der asiatischen Nordküsten kommend und gegen

Spitzbergen und den Canal zwischen Grönland und Island gehend, theils aus dem amerikanischen Eismeere stammend und durch die Davis-Strasse gehend. Beide Arme vereinigen sich an der Ostseite von Newfoundland und treffen da den Golfstrom.

III. Im indischen Meere.

8) Eine Strömung, zwischen 90° und 100° östlich von Paris beginnend und

9) eine andere, im bengalischen Meerbusen beginnend und sich um Vorderindien herum biegend, aber beide mit vielen innern Gegenströmungen; diese vereinigen sich zwischen Madagascar und Afrika zu der

10) Strömung von Mozambique, die sich mit der grossen Geschwindigkeit von 30 Stunden in einem Tage nach dem Vorgebirge der guten Hoffnung hin bewegt.

IV. Im grossen Ocean und dem antarctischen Eismeere.

11) Die antarctische Drist-Strömung, die aus der Gegend des Südpoles kommend, sich in einem grossen Bogen nach der Küste von Chile bewegt und sich hier in einen südlichen, nach dem Cap Horn gerichteten Arm theilt, während ein anderer Arm

12) als peruanische Strömung längs der Westküste Amerika's bis gegen den Aequator hin fortströmt, da aber gegen West umbiegt und

13) als grosse Aequatorial-Strömung den ganzen Ocean in grosser Breite durchzieht, nur zuweilen durch kleinere Gegenströmungen unterbrochen.

18. Ausser den eben angeführten constanten Meeresbewegungen gibt es noch eine veränderliche (momentane), nämlich die einfache Wellenbewegung, welche durch die Einwirkung der Winde auf die Meeresoberfläche hervorgerufen wird. Denn jeder Druck auf eine horizontale Wasserfläche verursacht eine Vertiefung und um diese einen erhöhten Wall, welcher vermöge der Schwere wieder zurücksinkt, so eine neue Vertiefung erzeugt und es geht diese Bewegung, wenn keine Gegenwirkung stattfindet, ununterbrochen fort. Dadurch entstehen die Wellen (Wogen), welche auf dem Meere je nach der Stärke des Windes eine Höhe bis zu 60' erreichen können. In der offenen See ist der Wellenschlag völlig regelmässig, an steilen Küsten und Klippen entstehen aber die Brecher, welche rückwärtsgehend die entgegenkommenden Wellen treffen und erhöhen. Man nennt diese Erscheinung an den Küsten die Brandung.

IV. Abschnitt.

Die Gewässer des Festlandes.

19. Ausser der Wassermasse des Oceans enthält die Oberfläche der Erde noch anderes, sowohl stehendes als fließendes Gewässer, das dem Festlande angehört.

Die Anfänge der fließenden Wässer — wenn überhaupt von Anfängen die Rede sein kann — bilden die Quellen. Sie entspringen am häufigsten in oder an Gebirgen und erzeugen durch Vereinigung mehrerer in den tiefer gelegenen Stellen die Bäche, aus denen die Flüsse entstehen. Im Allgemeinen nennt man die grössern unter den letztern Ströme, obwohl es keine bestimmten Grenzen gibt, da der Sprachgebrauch allein entscheidet, wenn schon darunter nur jene Flüsse, welche bei bedeutender Grösse ihre ursprünglichen Namen bis zum Einfließen — zur Mündung — in ein Meer oder einen Landsee beibehalten, in wissenschaftlicher Bedeutung gemeint sein sollten.

Uebrigens nennt man Hauptflüsse jene, welche andere — Nebenflüsse — aufnehmen und Küstenflüsse die, welche in kurzer Entfernung von ihrer Mündung entspringen.

Ein Bach, der sehr schnell fliesst, dessen Bett mithin gegen den Horizont eine beträchtliche Neigung — Gefälle — hat, heisst Giessbach, und wenn er auf den Namen Fluss Anspruch machen kann, ein Torrent. Das Gefälle ist bei den verschiedenen Flüssen überhaupt sehr verschieden, ja bei einem und demselben äusserst ungleich und man nennt die Stellen, wo das Wasser sehr reissend fliesst, Stromschnellen. Stürzt es aber plötzlich von beträchtlicher Höhe herab, so entsteht ein Wasserfall und man nennt eine Reihe mehrerer nicht weit von einander entfernten Wasserfälle Cataracten.

Da das Wasser auch den Gesetzen der Schwere gehorchen muss, so verfolgt es in seinem Laufe immer die tiefern Stellen und macht, da diese in der Regel nicht in einer Geraden liegen, viele Krümmungen, welche im Allgemeinen gegen die Mündung zunehmen. Sofort bildet das Bett eines Flusses eine mehr oder minder regelmässige Einfurchung mit vielen Nebenverzweigungen, aus denen dessen Zuflüsse kommen und es heisst der sie umfassende Landstrich dessen Gebiet, das nothwendig an die Gebiete anderer Flüsse grenzen muss. Diese Grenzen nennt man die Wasserscheiden, welche wohl meist, aber nicht immer mit den Gebirgskäm-

men zusammenfallen; denn sie ziehen sich auch ins flache Land herab, ja sie können sogar in Landseen liegen, wie das namentlich in Nord-Amerika der Fall ist.

Es verdient bemerkt zu werden, dass die Flüsse in ihrem Laufe mehr nach der Ostwestlinie als nach der Mittagslinie gerichtet sind.

Die Stromgebiete, Stromlängen und directen Abstände ihrer Quellen von den Mündungen enthält für die vorzüglichsten Ströme folgende Tabelle in geographischen Quadrat- und Längen-Meilen.

Ströme.	Stromgebiet.	Stromlänge.	Directer Abstand.
<i>Amazonenstrom</i> (Süd-Amerika)	94500	770	387
<i>Mississippi</i> (Nord- " ")	61400	890	353
<i>Obi</i> (Asien)	57800	580	319
<i>La Plata</i> (Süd-Amerika)	55400	480	257
<i>Jang tse Kiang</i> (Asien)	54175	720	392
<i>Jenissei</i> " "	49033	700	307
<i>Lena</i> " "	37150	600	349
<i>Amur</i> " "	36430	595	305
<i>Ganges</i> " "	27030	420	206
<i>Wolga</i> (Europa)	24840	510	150
<i>St. Lorenzo</i> (Nord-Amerika)	18600	450	215
<i>Donau</i> (Europa)	14630	374	220
<i>Euphrat</i> (Asien)	12230	373	150
<i>Dnjepr</i> (Europa)	10600	270	137
<i>Don</i> " "	10500	240	102
<i>Dwina</i> " "	6650	216	95
<i>Rhein</i> " "	4080	150	90
<i>Weichsel</i> " "	3540	130	70
<i>Petschora</i> " "	3050	150	90
<i>Theiss</i> " "	2650	160	32
<i>Elbe</i> " "	2616	171	86
<i>Oder</i> " "	2440	120	70
<i>Loire</i> " "	2120	130	80
<i>Düna</i> " "	2090	140	70
<i>Niemen</i> " "	2000	115	60
<i>Po</i> " "	1872	88	58
<i>Duero</i> " "	1828	110	65
<i>Rhône</i> " "	1760	140	52
<i>Ebro</i> " "	1570	105	67
<i>Garonne</i> " "	1528	80	50
<i>Dnjestr</i> " "	1440	110	90
<i>Seine</i> " "	1414	85	55
<i>Tajo</i> " "	1360	120	90
<i>Guadiana</i> " "	1210	105	60
<i>Guadalquivir</i> " "	940	65	45
<i>Weser</i> " "	820	70	50

	Ströme.	Stromgebiet.	Stromlänge.	Directer Abstand.
<i>Minho</i>	(Europa)	740	48	34
<i>Pregel</i>	" "	370	25	15
<i>Tiber</i>	" "	348	50	30

20. Bei der Bildung der Quellen sind wohl mehrere Ursachen wirksam, worunter jedoch das aus der Atmosphäre fallende Wasser die bedeutendste Rolle spielt. Dies dringt nämlich in den höchsten Puncten ein, sintert fort, sammelt sich an geeigneten Stellen, wird aus verschiedenen Ursachen wieder gehoben und bricht hervor, wo es die Beschaffenheit des Bodens gestattet. Andere Quellen mögen ihre Zuflüsse aus dem Meere erhalten, wenn sie sich in dessen Nähe befinden und überhaupt können örtliche Modificationen der allgemeinen Entstehungsweise stattfinden.

Da es eine durch Beobachtungen ausser Zweifel gesetzte Thatsache ist, dass die Temperatur im Innern der Erde mit der Entfernung von der Oberfläche zunehme; so ist es erklärlich, dass die Quellen so ziemlich die mittlere Temperatur des Bodens, aus dem sie entspringen, zeigen müssen, was auch die Erfahrung bestätigt.

Man unterscheidet sie desshalb in kalte und warme, indem man unter erstern die, welche ungefähr die gewöhnliche Lufttemperatur haben, und unter letztern jene versteht, welche einen höhern Wärmegrad zeigen. Je tiefer daher das atmosphärische Wasser in die Erde eindringt, ehe es als Quelle erscheint, um so wärmer muss es sein. Es kann auch so tief eindringen, dass es in Dämpfe verwandelt wird, die wieder emporsteigen, nach und nach neuerdings zu Tropfen werden und so meist als warme oder heisse Quellen zum Vorschein kommen. Dass übrigens vulcanische Thätigkeiten überhaupt auf die Quellen einen grossen Einfluss ausüben, ist für sich klar und wird durch Beobachtungen bestätigt.

Durch die Wirkung der Wasserdämpfe oder auch anderer luftförmigen Flüssigkeiten lassen sich auch die intermittirenden oder periodischen Quellen erklären, worunter man solche versteht, die nur zu bestimmten Zeiten fliessen oder bestimmte Thätigkeiten äussern. So z. B. die Geiser auf Island, die Quelle an der Saline bei Kissingen u. s. w.

21. Keine Quelle enthält ganz reines Wasser, sondern mehr oder weniger Beimengungen, die durch Auslaugung der durchdrungenen Erdschichten oder auch local durch etwas geändertes Meerwasser entstehen, zuweilen vorherrschend werden, und so im Allgemeinen die Mineralquellen erzeugen, welche nach der Gat-

tung der prädominirenden Beimengungen verschiedene Namen erhalten, als: Säuerlinge, Bitter-, Salpeter-, Schwefelwässer, Cement-, incrustirende, Salz-Quellen u. s. w.

Diese Beimengungen zeigen sich jedoch nur in der Nähe der Quellen und sind meist für den Geschmack nicht mehr erkennbar, wenn sie sich zu einem Bache gesammelt, da die luftförmigen sich verflüchtigt und die salzigen sich am Boden abgelagert haben. Dagegen führen die Bäche, Flüsse und Ströme erdige Theile, besonders von den Stellen, wo sie reissend sind, mit sich fort und lagern sie dort, wo sie mit geringerer Geschwindigkeit fließen, zum Theil wieder ab; allein nie ganz und es führen einem Hauptflusse überdies die Seitenwässer fortwährend neue derlei schlammige und sandige Beimengungen zu. Bei der Mündung in's Meer aber wird das fließende Gewässer entweder in seinem Laufe aufgehalten oder gar zurückgestaut und hiermit Gelegenheit zur Ablagerung der mitgeführten erdigen Theile gegeben. Dadurch wird das Wasser seichter, die Mündung versandet sich und es entstehen Inseln, die sich fortwährend vergrößern, gegen das Meer breit sich ausdehnend und dem Flusse eine Spitze darbietend. Von dieser Form erhielten derlei Landbildungen den Namen Delta (Δ), z. B. das des Po, Rhein, Nil, Ganges, u. s. w.

22. So wie bei den Gebirgen sich einzelne Regionen unterscheiden lassen, sind auch mindest bei den grossen Strömen mehr oder weniger drei Hauptstufen der Entwicklung erkennbar, nämlich ihr Ober-, Mittel- und Unterlauf.

Im Oberlaufe fließen sie bei wenig gekrümmten, meist scharfeckigen Richtungen in stark gegen den Horizont geneigten Betten, die mit dem Stromthale fast gleich oder in Ausnahmefällen schmal zwischen steilen und hohen Felsenufern eingengt sind und Wasserfälle darbieten. Nach dem letzten Wasserfalle treten sie in den Mittellauf und hiermit bei geringerer Neigung der Strombette gegen den Horizont in's offene Land. Die Breite des Flussbettes, die sich mit der selbes umgebenden Gegend ändert, und die Krümmungen nehmen zu, die Ufer werden niedriger. Zuweilen ist der Mittel- vom Unterlaufe durch eine Bergkette getrennt, bei deren Durchbrechung sich die Erscheinungen des Oberlaufes, jedoch im kleineren Maassstabe zeigen und die Neigung des Flussbettes für eine kurze Strecke bedeutender wird. Diese wird aber im Unterlaufe fast unmerklich und die Ufer werden so flach, dass sie häufig mit Dämmen versehen werden

müssen. Die Deltabildung wird begünstigt, wenn der Abfluss nicht in eine seenartige Erweiterung — Lagune, Haff — erfolgt.

23. Ausser dem fliessenden Gewässer enthält das Festland auch noch stehendes, das die Seen bildet. Diese entstehen, wenn das Wasser wegen der tiefen örtlichen Lage nicht abfliessen kann, oder wenn es abfliesst, in der Hauptausdehnung die Erscheinungen der Flüsse nicht darbietet, sei es, dass sich daselbst sie nährenden Quellen befinden, oder dass irgend ein Gewässer durch eine kesselförmige Vertiefung, die er anfüllt, seinen Lauf nimmt. Sofort gibt es

a) Seen, die weder einen sichtbaren Zufluss noch Abfluss haben,
 b) solche, die ohne sichtbaren Zufluss einen Abfluss haben, meist die Quellen grosser Ströme sind und in beträchtlicher Höhe über der Meeresoberfläche liegen (Gebirgs-Seen, so z. B. liegt der See *Titicaca* in Süd-Amerika in der absoluten Höhe von 11970 par. Fuss),

c) solche, welche ohne sichtbaren Abfluss bedeutende Zuflüsse erhalten, indem sie selbst sehr grosse Ströme aufnehmen und endlich

d) solche, welche sowohl sichtbare Zuflüsse als auch Abflüsse haben.

Seen von geringer Ausdehnung und Tiefe nennt man Teiche. Seen von geringer Tiefe mit Pflanzen, welche die Wasseroberfläche überragen, wohl auch sonst feuchte, hie und da Wasser zeigende Landstrecken heissen Moräste, Sümpfe, und wenn sie Pflanzen tragen, Moore.

Es ist bemerkenswerth, dass die nördliche Halbkugel an Seen bei weitem reicher ist, als die südliche und namentlich in Amerika nördlich vom 40. Breitengrad eine ungemein grosse Anzahl liegt.

Die grössten Seen mit dem nebenstehenden Flächenraume in geographischen Quadrat-Meilen, die sie einnehmen, sind folgende:

<i>Kaspi</i> (Asien)	7375 □ M.	<i>Ladoga</i> (Europa)	320 □ M.
<i>Aral</i> „ „	2100	<i>Balkasch</i> (Asien)	300
<i>Oberer See</i> (Nord-Amerika)	1700	<i>Nicaragua</i> (Süd-Amerika)	290
<i>Huron</i> „ „	1150	<i>Titicaca</i> „ „	230
<i>Michigan</i> „ „	1075	<i>Onega</i> (Europa)	195
<i>Grosser Bären-See</i> „ „	675	<i>Athapascow</i> (Nord-Amerika)	155
<i>Baikal</i> (Asien)	625	<i>Deer-See</i> „ „	140
<i>Grosser Winnipeg</i> (N. Amerika)	565	<i>Otchenankane</i> „ „	135
<i>Erie</i> „ „	553	<i>Wenern</i> (Europa)	110
<i>Grosser Slaven-See</i> „ „	510	<i>Peipus</i> „ „	70
<i>Ontario</i> „ „	473	<i>Enara</i> „ „	60.

V. Abschnitt.

Die Atmosphäre.

24. Die Atmosphäre (Luftocan) bietet ähnliche Erscheinungen wie das Meer (Wasserocean) in ihren Bewegungen dar, deren Quelle im Allgemeinen die Temperaturs-Differenz an den verschiedenen Orten ist. Jede progressive (relative) Bewegung der Luft, die sich uns überhaupt erst dadurch fühlbar macht, (die Rotation der Erde allein, ohne Einwirkung anderer Ursachen kann keine erzeugen) nennt man Wind im Allgemeinen und Lüftchen, Sturm, Orca n je nach dem Verhältnisse der Geschwindigkeit (Stärke) des Windes. Diese unregelmässige Luftbewegung entspricht der einfachen Wellenbewegung des Meeres.

Den Meeresströmungen entsprechen die schon in der I. Abtheilung Art. 29 erklärten Ostwinde, welche wir wegen ihrer Regelmässigkeit als Beweis für die Rotation der Erde anführten. Sie heissen auch Passatwinde und finden nur in der heissen Zone statt, da der gegebenen Erklärung gemäss nur in der Nähe des Aequators die volle Wirkung sich äussern kann.

Die Grenzen der Passatwinde sind im atlantischen Oceane $+ 28^{\circ}$ und $- 22^{\circ}$ Breite, im grossen $+ 25\frac{1}{2}^{\circ}$ und $- 23^{\circ}$, im indischen Meere $+ 28^{\circ}$ und $- 10^{\circ}$ geographische Breite. Sie richten sich übrigens nach dem Laufe der Sonne, so dass z. B. im atlantischen Oceane sie auf der Nordseite im Winter beiläufig auf 25° , im Frühling und Herbst auf 28° und im Sommer auf 31° geographische Breite fallen.

In der unmittelbaren Nähe des Aequators ist die Region der Windstillen (Calmen) und der veränderlichen Winde. Sie nimmt im Allgemeinen eine ganz in der nördlichen Hemisphäre liegende Zone von 6 Grad ein, die im atlantischen Oceane vom Parallelele $8\frac{1}{2}^{\circ}$ und $2\frac{2}{3}^{\circ}$, im grossen von 9° und 3° begrenzt wird, im August bis zu $9\frac{3}{4}^{\circ}$ Ausdehnung wächst und im December bis auf $2\frac{1}{4}^{\circ}$ Ausdehnung herabsinkt.

In einigen Gegenden herrschen die Passatwinde nur periodisch und heissen dann Monsune oder Moussons; sie wehen entweder nur während eines Theiles des Jahres — aussetzende — oder auch während des andern Theiles jedoch in entgegengesetzter Richtung — wiederkehrende — auf welche man meist den Namen „Moussons“ beschränkt. Aussetzende herrschen im atlantischen Ocean zwischen 25° und 32° auf der Nordseite, letztere vorzugs-

weise im indischen Oceane und an dessen Küsten. Sie zeigen sich daselbst vom April bis October als Südwest, dann die übrige Jahreszeit hindurch als Nordost, da während des Verweilens der Sonne in der nördlichen Halbkugel die Küsten sehr erwärmt werden, somit ein Aufsteigen der Luft und ein Einströmen der kältern Luft von Süd bewirkt wird, welche Umstände vermöge der Rotation der Erde einen Südwestwind erzeugen. Für die übrige Jahreszeit gilt nothwendig das Umgekehrte und es entsteht ein Nordwestwind. Diese Region erstreckt sich auf der nördlichen Halbkugel vom Aequator selbst bis zu 40° Breite und liegt auf der südlichen (vom April bis October Südost und dann Nordwest) wenig ausserhalb der Grenzen der Passatwinde.

Dass die Region der genannten Winde und Windstillen zum grössern Theil und die der letztern mit den veränderlichen Winden der nördlichen Halbkugel angehört, wird erklärlich, wenn man bedenkt, dass die nördliche Halbkugel eine höhere Temperatur haben müsse als die südliche, indem sie an Festland letztere übertrifft, und während ihres Sommers, wo auf der südlichen Winter ist, die Erde in der Sonnennähe sich befindet.

Den Passatwinden an der Oberfläche der Erde entsprechen die nach entgegengesetzten Richtungen wehenden in den obern Luftregionen. Wo jedoch die Grenze beider liege, ist bis jetzt noch nicht entschieden; auf der Insel *Teneriffa* soll schon in der Höhe von 1500 Klafter ein Westwind herrschen.

Uebrigens erzeugen zwei entgegengesetzte obere Winde oft die merkwürdigen, abwärts bis an die Erdoberfläche sich verbreitenden Wirbel — *Wettersäulen*, *Wasserhosen* (über Wasser), *Sandhosen* (über Land) — deren oberer Theil aus Wolkenmasse besteht.

25. Unter die periodischen Winde gehören auch die *Land- und See-Winde*, indem, wie begreiflich, Tags, wo die Küste eine höhere Temperatur annimmt als das Meer, die Winde vom letztern gegen das Festland und Nachts umgekehrt wehen. Man nennt sie auch *alternirende* und sie zeigen sich selbst an den Ufern grosser Seen, in Längenthälern und Schluchten. Dabei tritt täglich zweimal Windstille ein, wenn die Temperatur der Küste jener des Meeres oder Sees gleichkommt.

Was die Temperatur der Winde anbelangt, so hat nicht nur deren Richtung, sondern auch die Jahreszeit darauf Einfluss. In unsern Gegenden ist im Durchschnitte der etwas östliche Nordwind am kältesten und der etwas westliche Südwind am wärmsten. Die heissen, der organischen Natur verderblichen Winde nennt man *Fön* in der Schweiz, *Scirocco* in Italien, Griechenland (häufig auch *Tirol* und *Steiermark* afficirend), *Solano* in Spanien, *Samum*, *Sa-*

miel und Harmattan in Arabien, Persien, Syrien, u. s. w., Chamsin in Aegypten und Nubien.

26. Auch die Ebbe und Fluth des Meeres findet ein analoges Phänomen in der Atmosphäre, nämlich die Veränderungen im Luftdrucke, die jedoch keineswegs der Anziehung des Mondes zugeschrieben werden können, da diese nur eine kaum sensible Wirkung den durchgeführten Berechnungen zufolge erzeugen könnte. Sie erfolgen in der heissen Zone so regelmässig, dass man den Barometer als ziemlich verlässliche Uhr benützen kann. (*Humboldt*) Er steht täglich daselbst zweimal ($9-9\frac{1}{4}$ Uhr Morgens und $10\frac{1}{2}-10\frac{3}{4}$ Uhr Abends) am höchsten und eben so oft (um $4-4\frac{1}{4}$ Uhr Nachmittags und 4 Uhr Morgens) am niedrigsten. Diese Oscillationen nehmen ihrer Grösse und Regelmässigkeit nach gegen die Pole zu ab.

Dagegen ist wegen des stets aufsteigenden Luftstroms die mittlere Barometerhöhe in der heissen Zone geringer als in den gemässigten und erreicht in Westeuropa ihr Maximum unter den Breiten von 40° und 45° .

Die Ursache der angeführten Veränderungen im Luftdrucke liegt zunächst in den Wasserdämpfen, welche die Gewässer der Atmosphäre liefern, so wie in den Temperaturszuständen.

27. Von besonderer Wichtigkeit sind die electrischen Erscheinungen in der Atmosphäre *)

Die Intensität der Luftphelectricität wächst von unten nach oben und ändert sich sowohl nach den Jahreszeiten als den Tagesstunden,

*) Electricität im engern Sinne nennt man die Eigenschaft gewisser geriebener Körper (z. B. Glas- oder Siegellackstangen, Harz u. s. w. mit wollenem Zeuge gerieben), andere leichte (z. B. Papierstreifchen) anzuziehen, hierauf abzustossen, wieder anzuziehen u. s. f. Ein electrischer Körper theilt einem nicht electrischen durch Berührung Electricität mit und zwar nicht blos an der Berührungstelle, sondern über die ganze Oberfläche. Dabei zeigt sich, dass z. B. geriebenes Harz Körper, die auf irgend eine Art Electricität erhalten haben und vom geriebenen Glase ^{angezogen} _{abgestossen} werden, ^{abstösst.} _{anzieht} Die so entgegengesetzt sich äussernde Electricität wird deshalb in positive und negative oder Glas- und Harz-Electricität unterschieden. Zugleich folgt daraus, dass gleichnamig electrische Körper sich abstossen, ungleichnamig electrische sich anziehen. Ist ein Körper stark electrisch, so erfolgt die Electricitäts-Mittheilung an einem andern dafür leicht empfänglichen unter Lichterscheinung — electrischer Funke.

indem sie namentlich zweimal im Tage ein Maximum (einige Stunden nach Sonnen-Auf- und Untergang) und eben so oft ein Minimum (zwischen 1 und 2 Stunden vor Sonnen-Auf- und Untergang) erreicht.

Sie ist bei Nord- Winden meist positiv, und die östlichen zeigen bei Süd- Winden meist negativ, und die westlichen zeigen mehr die Eigenschaft der nördlichen als die der südlichen.

Die Luftpotelectricität hat vielfache Quellen, worunter jedoch die Verwandlung des Wassers in Dämpfe — Verdunstung — die wichtigste Rolle spielt.

28. Die merkwürdigsten Phänomene, wodurch sich die Luft-electricität kund gibt, sind die Gewitter und das Polarlicht.

Was die Gewitter betrifft, so zeigen die Beobachtungen:

a) dass sie in der warmen Jahreszeit erfolgen, da Wintergewitter sehr selten sind,

b) dass ihre mittlere Anzahl im Jahre, so wie ihre Heftigkeit mit dem Wachsen der Breite abnimmt und

c) dass für jeden Ort im Mittel die Mehrzahl derselben von einer bestimmten Weltgegend kommt — Wetterseite. — So ist Süd-west für Wien die Wetterseite.

In der heissen Zone gibt es Gegenden, wo täglich etwa 4 bis 5 Stunden nach der Culmination der Sonne ein Gewitter stattfindet; in Italien, Griechenland und Süd-Frankreich beschränkt sich ihre Anzahl durchschnittlich im Jahre auf 35, in Deutschland auf 20, in Mittel-Russland bis zum Parallele von Moskau auf 17, im südlichen Theile der scandinavischen Halbinsel auf 10, im nördlichen auf 4; in Sibirien soll etwa in 3 und auf Grönland erst in 6 Jahren ein Gewitter sich ereignen. Besonders bemerkenswerth ist es, dass an der peruanischen Küste, wiewohl in der heissen Zone gelegen, nie ein Gewitter stattfindet.

29. Gewitter sind nicht nur vom Blitze, welcher eben nur der electriche Funke zwischen zwei Wolken oder zwischen einer Wolke und der Erde ist, und vom Donner, als dem vom Blitze erzeugten Knalle, wenn er die Luft durchbricht, begleitet, sondern häufig auch vom Hagel. Er besteht aus Eiskörnern, zuweilen von bedeutender Grösse, mit undurchsichtigem Kerne, scheint mehr der gemässigten Zone als der heissen anzugehören und erfolgt zu allen Tags- und Jahreszeiten auch unabhängig vom Gewitter, indem er z. B. in Deutschland und Frankreich im Frühlinge, in Russland im Sommer, in England im Winter am häufigsten fällt. Ueberhaupt ist er mehr als locale Erscheinung zu betrachten, indem er sich ohne näher angebbare Ursachen an einigen Orten viel häufiger ereignet als an andern.

30. Die Erscheinung des Polarlichtes (Nord- und Südlichtes) besteht (wir folgen *Humboldt*) in Folgendem.

Tief am Horizonte schwärzt sich vor seinem Entstehen der früher heitere Himmel, indem sich eine dicke Nebelwand bildet, die, allmählig aufsteigend, eine Höhe von 8—10 Grad erreicht. Die Farbe des dunklen Segments geht in's Braune oder Violette über. Sterne sind sichtbar in dieser, wie durch einen dichten Rauch verfinsterten Himmelsgegend. Ein breiter, aber hellleuchtender Lichtbogen, erst weiss, dann gelb, begrenzt das dunkle Segment. Im hohen Norden erscheint das rauchähnliche Kugelsegment weniger dunkel, bisweilen gar nicht. Der Lichtbogen, in stetem Aufwallen und formverändernden Schwanken, bleibt bisweilen Stunden lang stehen, ehe Strahlen und Strahlenbündel aus demselben hervorschiessen und bis zum Zenithe hinaufsteigen. Je intensiver die Entladungen des Nordlichtes sind, desto lebhafter spielen die Farben vom Violetten und bläulich Weissen durch alle Abstufungen bis in das Grüne und Purpurrothe. Die Feuersäulen steigen bald aus dem Lichtbogen allein hervor, selbst mit schwarzen, einem dicken Rauche ähnlichen Strahlen gemengt; bald erheben sie sich gleichzeitig an vielen entgegengesetzten Puncten des Horizonts und vereinigen sich in ein zuckendes Flammenmeer, dessen Pracht keine Schilderung erreichen kann, da es in jedem Augenblicke seinen leuchtenden Wellen andere und andere Gestaltungen gibt. Die Intensität des Lichtes ist zu Zeiten so gross, dass *Löwenörn* (29. Jänner 1786) bei hellem Sonnenscheine Schwingungen des Polarlichtes erkannte. Die Bewegung vermehrt die Sichtbarkeit der Erscheinung. Die Strahlen schaaren sich endlich um einen Punct zusammen und bilden die sogenannte Krone des Nordlichtes. Sie umgibt wie den Gipfel eines Himmelszeltes mit einem mildern Glanze und ohne Wallung im ausströmenden Lichte. Nur in seltenen Fällen gelangt die Erscheinung bis zur vollständigen Bildung der Krone; mit derselben hat sie aber stets ihr Ende erreicht. Die Strahlungen werden nun seltener, kürzer und farbenloser. Die Krone und alle Lichtbogen brechen auf. Bald sieht man am ganzen Himmelsgewölbe unregelmässig zerstreut nur breite, blasse, fast aschgrau leuchtende, unbewegliche Flecke; auch sie verschwinden früher als die Spur des dunklen rauchartigen Segments, das noch tief am Horizonte steht. Es bleibt oft zuletzt von dem ganzen Schauspiele nur ein weisses, zartes Gewölk übrig, an den Rändern gefiedert oder in kleine rundliche Häufchen mit gleichen Abständen getheilt.

Man ist der Ansicht, dass das Polarlicht gleichfalls eine, jedoch nicht plötzlich explodirende Entladung der Electricität sei; ja man will bei besonders intensiven Nordlichtern Geräusch deutlich gehört haben. Nach dieser Ansicht würde somit das Polarlicht den Mangel an Gewittern in den Polargegenden erklären und ersetzen. Jedoch ist seinem Entstehen nicht jede Gegend seines Bereiches gleich günstig. So sollen überhaupt in Nord-Europa weniger Nordlichter sichtbar sein, als im nördlichen Asien und Amerika.

Andere jedoch schreiben diese Erscheinung mit grösserer Wahrscheinlichkeit magnetischen Wirkungen *) zu. Dafür sprechen mehrere Umstände, als die Entstehung des rauchartigen Segments nahezu in der Gegend, wo der Horizont vom magnetischen Meridiane durchschnitten wird, die Lage des höchsten Punctes des Lichtbogens, vom magnetischen Meridiane um 5° — 18° nach der Seite abweichend, wohin die Declination der Magnetnadel gerichtet ist, das Farbenspiel und der constante Zustand der Luftphelectricität während der stärksten Nordlichter, wogegen sich der Erdmagnetismus in seinen erkennbaren Wirkungen ändert.

31. Noch nichts Sicheres weiss man von der Natur der nicht von der Luftphelectricität abhängigen Sternschnuppen, jener leuchtenden Körper, welche urplötzlich am Firmamente sich zeigen, mit bedeutender Geschwindigkeit eine grössere oder kleinere Strecke zurücklegen und auf einmal verschwinden. Nach der nunmehrigen Ansicht sind sie kleine, um die Sonne kreisende Massen, welche sich entzünden, wenn sie in die Erdatmosphäre kommen.

Die Feuerkugeln mögen ähnlicher Natur sein und es fallen die Producte der Verbrennung in der Atmosphäre als Meteor-

*) Magnetismus nennt man die Eigenschaft einiger Eisenerze (Magnete), Eisen anzuziehen. Ja die Magnete vermögen auch Electricität zu erregen (Electro-Magnetismus). Der Magnet trägt nicht an allen Stellen gleichviel Eisen und ändert auch die Richtung seiner Kraftäusserung und namentlich an zwei Stellen, die seine Pole heissen, wovon der, den ein auf einer Horizontalebene beweglicher Magnet dem Nordpol zukehrt, Nord- und der andere Südpol genannt wird. Die Verbindungslinie heisst der magnetische Meridian, dessen Abweichung vom geographischen die Declination, so wie die Neigung gegen den Horizont die Inclination heisst. Uebrigens stossen sich die gleichnamigen Pole zweier Magnete ab, während sich die ungleichnamigen anziehen.

Die Verschiedenheit der Declination und Inclination nach Ort und Zeit führte auf die Vermuthung, dass auch die Erde magnetische Kraft besitze (Erd- oder tellurischer Magnetismus), welche nun völlig ausser Zweifel gesetzt ist.

steine auf die Erde. Diese enthalten entweder nur oder sehr viel Eisen (doch hat man einige fast ganz ohne Eisengehalt gefunden), sind von verschiedener Grösse, selbst bis zu 7 und $7\frac{1}{2}$ Fuss Länge.

Die Sternschnuppen fallen nicht nur einzeln, sondern auch in Schwärmen zu vielen Tausenden in einer Nacht. Dieses schöne Schauspiel ist periodisch, zweimal im Jahre, nämlich zwischen dem 12. bis 14. November und 9. bis 11. August, was zu der Vermuthung führt, dass in den Gegenden, wohin die Erde zu dieser Zeit zu stehen kommt, die Bahnen der kleinen Körper sehr nahe an einander liegen mögen.

Ebenso gehört auch das Zodiacallicht unter die Erscheinungen, über deren Erklärung man noch nicht einig ist. Es stellt sich zur Zeit der Nachtgleichen, im Frühling nach und im Herbste vor Sonnenuntergang als weisslicher Schimmer in Gestalt einer schiefliegenden Pyramide dar, deren Basis vom Horizonte begrenzt ist, und deren Spitze dem eben culminirenden Punkte des Aequators sich zuneigt. Nach *Humboldt* ist es ein frei im Weltraume kreisender, sehr abgeplatteter Ring dunstartiger Materie, vielleicht zwischen der Venus- und Marsbahn gelegen und die Erdbahn durchschneidend.

VI. Abschnitt.

Das Festland, Gewässer und die Atmosphäre in ihren gegenseitigen Verhältnissen.

32. Die Wärmeverhältnisse der Erde gestalten sich keineswegs so regelmässig, wie man zufolge des Standes der Sonne, der regelmässigen Bewegung der Erde um die Sonne, des regelmässigen Wechsels der Jahreszeiten vermuthen könnte. Es befolgt wohl die Wärme eine jährliche und tägliche Periode nach den Jahres- und Tagszeiten; allein schon in der ungleichen Vertheilung des Festlandes auf beiden Halbkugeln im Allgemeinen und in den einflussreichern localen Verhältnissen der Umgebung, in der physischen Beschaffenheit des Bodens, der Erhöhung über die Meeresfläche, der Nähe eines Meeres oder eines Gebirges u. s. w. im Besondern liegt hinreichend Stoff zu mannigfachen Modificationen, welche jedoch die allgemeinen Erscheinungen nicht unkenntlich zu machen vermögen, sondern sie nur theilweise verrücken. Desshalb wird die Eintheilung in Zonen und Jahreszeiten gerechtfertigt. Sie characterisiren sich durch bestimmte Wärmethätigkeiten, so dass z. B. in

der nördlichen gemässigten Zone das Minimum der Wärme auf die erste Hälfte des Jäners, das Maximum auf Ende Juli und die mittlere Zahl auf die zweite Hälfte des Aprils und Octobers fällt. Dieselben vier Momente zeigt auch die tägliche Periode, das Minimum $\frac{1}{2}$ Stunde vor Sonnenaufgang, das Maximum 2 bis 3 Stunden nach der Culmination und die mittlere Zahl bei 5 bis 6 Stunden vor und nach dem Maximum. Diese Momente ändern sich jedoch täglich; namentlich ist jenes des Maximums das veränderlichste und rückt im Winter dem Mittag näher.

Es ist klar, dass diese Zeitpunkte von jenen, welche die mathematische Geographie ohne alle Berücksichtigung der physischen Verhältnisse gab, abweichen müssen, da die Sonne Körpern Wärme mittheilt, welche sie langsam wieder abgeben und so die Wirkung einerseits vergrössern, anderseits vermindern, d. h. die Lufttemperatur erhöhen oder herabsetzen.

33. Anders verhält es sich mit der Intensität der Wärme. Vergleicht man nämlich die mittleren Jahrestemperaturen der verschiedenen Punkte mit einander und verbindet die, bei welchen sie gleich sind, durch Linien, so erhält man Curven — Isothermen, — welche nicht mit den Parallelkreisen zusammenfallen, ihnen nicht parallel bleiben, sondern vielfache Biegungen bilden, die ihre concave Seite bald dem Pole, bald dem Aequator zukehren.

Alle diese Biegungen erklären sich aus dem Umstande, dass das Meer die Wärme nicht so schnell annimmt wie das Festland, sie dagegen länger behält und schwerer abgibt, aus den Richtungen der Winde, welche entweder Wärme zuführen oder die Lufttemperatur herabsetzen, aus den Meeresströmungen u. s. w. So ist Europa wärmer als die Nordhälfte Amerika's wegen des nahen Festlandes von Afrika und der über die glühende Sahara streichenden Winde, so dass Punkte in Amerika solchen in Europa, die bis 14° nördlicher liegen, in der mittleren Jahrestemperatur entsprechen.

Auch die Curve der grössten Wärme — Isothermen-Aequator — fällt nicht mit dem Erdäquator zusammen, sondern liegt fast ganz (oder vielmehr wahrscheinlich gar ganz) auf der nördlichen Halbkugel. Ebenso sind nicht die Pole, mindest der Nordpol nicht, die kältesten Punkte der Erde, sondern es scheint vielmehr (nach *Brewster*) die nördliche Halbkugel zwei Punkte der niedrigsten Temperatur — Kälte-Pole — den einen im Norden von Asien bei $+78\frac{1}{2}^{\circ}$ Breite und $128\frac{1}{2}^{\circ}$ Länge, den andern im Nor-

den von Amerika bei $+ 77\frac{1}{2}^{\circ}$ Breite und 278° Länge zu haben. So wie der Isothermen-Aequator in der mittlern Jahrestemperatur zwischen 27.2° in Amerika und 29.5° R. in Afrika wechselt; so scheint dem asiatischen Kältepol $- 17\frac{1}{4}^{\circ}$ und dem amerikanischen $- 19\frac{3}{4}^{\circ}$ R. zuzukommen, während der mathematische Nordpol $- 12^{\circ}$ haben dürfte. Diese Zahlen sind die Resultate der Berechnungen aus den Untersuchungen und Beobachtungen, welche über die Form der Isothermen angestellt wurden.

Aus diesen Beobachtungen ergibt sich zugleich, dass die grösste Wärme in der heissen Zone Afrika's herrsche. Sie übertrifft die Asiens um 1.2° , die Amerikas um 2.3° R. und es hat sofort die heisse Zone Amerikas die geringste Wärme. Uebrigens pflegt man, um engere Grenzen der Vegetation angeben zu können, noch mehr Zonen zu unterscheiden. *Meyen* nimmt folgende an:

- a) Die Aequatorial-Zone zwischen $+ 15^{\circ}$ und $- 15^{\circ}$ geogr. Breite mit dem Minimum von 26° mittlerer Jahrestemperatur.
- b) Die tropischen Zonen von $\pm 15^{\circ}$ Breite bis zu den Wendekreisen mit dem Minimum von 23° mittlerer Jahrestemperatur.
- c) Die subtropischen Zonen von den Wendekreisen bis zu $\pm 34^{\circ}$ Breite bei dem Minimum von 17° mittlerer Jahrestemperatur.
- d) Die wärmeren temperirten Zonen von $\pm 34^{\circ}$ bis $\pm 45^{\circ}$ Breite bei dem Minimum von 12° mittlerer Jahrestemperatur.
- e) Die kälteren temperirten Zonen von $\pm 45^{\circ}$ bis $\pm 58^{\circ}$ Breite bei dem Minimum von 6° mittlerer Jahrestemperatur.
- f) Die subarctischen von $\pm 58^{\circ}$ bis zu den Polarkreisen bei dem Minimum von 4° mittlerer Jahrestemperatur.
- g) Die arctischen von den Polarkreisen bis zu $\pm 72^{\circ}$ Breite mit dem Minimum $- 2^{\circ}$ mittlerer Jahrestemperatur.
- h) Die Polarzonen von $\pm 72^{\circ}$ bis zu den Polen.

Es versteht sich von selbst, dass eine solche Eintheilung immer eine relative bleibt.

34. Was den Unterschied der grössten und kleinsten Temperatur an den verschiedenen Orten der Erde anbelangt, so wächst er im Allgemeinen mit der Breite. In der heissen Zone ist er gering. Die Nähe eines Meeres stimmt ihn gleichfalls herab; daher haben Inseln und Küstenländer geringeren Temperaturswechsel als die Mitten grosser Continente; so hat desshalb das westliche Europa mildere Sommer und Winter als das östliche; so hat das innere Afrika unerträgliche Tageshitze und kalte Nächte.

35. Von besonderem Interesse sind die Untersuchungen, welche über die Wärmeverhältnisse im Innern der Erde angestellt wurden.

Sollte der Erde nur durch die Sonne Wärme zukommen, so

müsste diese nothwendig gegen deren Mittelpunkt zu abnehmen; allein dies ist nicht der Fall, sie nimmt vielmehr zu. Zwar kennt man das Gesetz dieser Zunahme noch nicht; allein so viel ist gewiss, dass sie bei 80—120 W. Fuss Tiefe (unter der Meeresoberfläche) 1° R. beträgt. Dabei zeigt sich, dass in Deutschland bei 4 Tiefe der tägliche Temperaturwechsel nicht mehr erkennbar ist, wohl aber der jährliche, der aber bei ungefähr 60' Tiefe gleichfalls verschwindet, so dass in dieser Region alle wechselnden Wirkungen der Sonne völlig aufhören.

Doch sind diese Tiefen nicht unter allen Breiten gleich, sondern wachsen mit denselben und sind unter dem Aequator am geringsten. Dringt man noch tiefer ein, so sind die Temperaturszunahmen an allen Orten der Erde gänzlich gleich.

Da der Sonne diese Wirkungen nicht zugeschrieben werden können, so ist man zu dem Schlusse berechtigt, der Erde eine eigenthümliche Wärme zuzuerkennen, welche zugleich einen Schluss auf den Zustand des Erdinnern gestattet. Gesetzt nun, es komme erst auf 120 par. Fuss die Zunahme von 1° C. und sie erfolge, wie die Beobachtungen vermuthen lassen, nach demselben Gesetze fort, so kann bei 8 Meilen Tiefe (1880° C.) das Eisen und bei 12 Meilen (2700° C.) gar kein uns bekannter Körper mehr im starren Zustande sich befinden — alle müssen heissflüssig sein. Man kann daher im eigentlichen Sinne von einer Erdrinde sprechen und es lassen sich aus dem heissflüssigen Zustande des Innern der Erde die warmen und heissen Quellen am einfachsten erklären, so wie auch die Vulcane, von denen wir noch sprechen werden.

36. So wie die Wärme gegen das Innere der Erde zu wächst, ebenso nimmt sie mit den Erhöhungen über die Meeresoberfläche ab und es ist eine ohnehin bekannte Thatsache, dass es auf hohen Gebirgen kälter ist, als in den Ebenen.

Auch in der Atmosphäre gibt es eine gewisse Schichte, wo der tägliche und jährliche Jahreswechsel aufhört und der man in den gemässigten Zonen eine Höhe von 12000 — 14000 par. Fuss zuerkennt. Darüber hinaus erfolgt die Wärmeabnahme allerorts in gleicher Grösse.

Wichtiger ist die Kenntniss der Region des ewigen Schnees. Ihre absolute Höhe richtet sich nach den Zonen, eigentlich den Wärmeverhältnissen des betreffenden Erdstriches; sie beträgt z. B. unter dem Aequator in den Anden Amerika's 14800, bei $\pm 30^{\circ}$ geogr. Breite im Himalajagebirge 16500, bei $\pm 47^{\circ}$ Breite in

den Schweizer Alpen 8000 p. F. Fasst man die aus den Beobachtungen hervorgehenden Resultate zur Construction von Curven zusammen, so findet man, dass sie sich bei $+60^\circ$ bis 75° aus dem Meere erheben und bei -60° Breite wieder dasselbe erreichen, jedoch, wie die Isothermen, vielfache Biegungen machen und nicht mit den Meridianen zusammenfallen. Oberhalb der Schneegrenze und ausserhalb $+75^\circ$ und -60° Breite ist im Allgemeinen die Eisregion (Gletscher — und Polar-Eis); doch sind die Grenzen nicht genau bekannt.

37. Eben so wichtig, wie die Einwirkung der Wärme auf das Festland, ist auch die auf das Meer und überhaupt auf das Gewässer. Sie bewirkt, dass das Wasser in Dämpfe verwandelt wird, welche sich in die Atmosphäre erheben, sich daselbst zuweilen in Wolken-gestalt uns sichtbar machen, bei sattsamer Herabsetzung der Temperatur wieder zu Wasser werden, in tropfbar flüssiger Form als Nebel, Thau (wenn dieser gefriert als Reif) und Regen oder in starrer als Schnee und Hagel auf die Erdoberfläche fallen. Die Verdunstung des Wassers ist dort am grössten, wo es die Wärme ist, nimmt mithin vom Aequator gegen die Pole zu ab.

Die Wasserdämpfe machen die Luft feucht und wirken nothwendig auf den Barometer. Die Grösse des davon herrührenden Druckes zeigt sich bei diesem am Aequator mit 10 par. Linien und in den gemässigten Zonen nur mit nahezu 3". Es ist begreiflich, dass die Feuchtigkeit der Luft in den Küstenländern bedeutender als im Innern der Continente sein und eine tägliche und jährliche Periode des Wechsels zeigen müsse. Sie ist am grössten beim Stattfinden des Maximums der Temperatur, also bei Tag grösser als bei der Nacht, im Sommer grösser als im Winter. Warme Winde vermehren sie und es begünstigen die Winde überhaupt die Verdunstung.

Wolken und Nebel enthalten das Wasser in den feinsten Tropfen; sie sind nur durch die Höhe, in der sie schweben, von einander unterschieden. Ihrer Gestalt nach theilt man sie in Federwolken, wenn sie aus zarten, parallelen, oft aber lockenartig verwirrten Fasern bestehen; Haufenwolken, wenn sie ungefähr die Halbkugelform mit genau horizontaler Grundfläche zeigen und Schichtwolken, welche in grösserer Höhe schwebender Nebel sind. Die Nebenformen sind: die federige Haufenwolke, gewöhnlich Lämmerwolke oder Schäfchen genannt, klein, weiss, rund, in Reihen geordnet, die federige Schichtwolke, gross, weiss, schleierartig und veränderlich, die geschichtete Haufenwolke, dichter als die Haufenwolken, mit Flocken, die unter die Grundfläche herabhängen, nach oben ganz unre-

gelmässig und endlich die Regenwolke (gehäufte federige Schichtwolke), dicht, ganz dunkel und meist weit ausgedehnt.

38. Die Menge des aus der Atmosphäre fallenden Wassers ist nicht gleich vertheilt. Sie ist grösser am Aequator als gegen die Pole hin, grösser auf dem Festlande als auf dem Meere, dem durch die Winde die Wasserdämpfe entführt werden, grösser in Gebirgsgegenden als in den Niederungen, da die Gebirge entschieden anziehend oder vielmehr condensirend auf die Wasserdämpfe einwirken, wodurch die Quellen reichliche Nahrung erhalten. Sofort ist das Wasser im steten Kreislaufe.

In Europa sind die Alpen, Pyrenäen, die Gebirge von Estrella auf der pyrenäischen Halbinsel und die von Bergen in Norwegen am reichsten an Niederschlägen der Wasserdämpfe.

Aus den Resultaten, welche die Messungen mittels eigener zum Auffangen und Messen des gefallenen Regenwassers — Regenmesser, Hyetometer, Ombrometer — lieferten, geht hervor, dass die jährliche Regenmenge in der heissen Zone im Mittel die Höhe von 90 p. Zoll, in Italien kaum die Hälfte in England etwa ein Drittheil, in Norddeutschland beiläufig ein Viertel und in Petersburg kaum ein Siebentel von der in der heissen Zone betrage. Ebenso zeigt sich, dass das westliche Europa regenreicher ist als das östliche. Einige Strecken sind fast ganz regenlos, wie die afrikanischen und asiatischen Wüsten, die Küsten von Peru und innerhalb der Passatwindregion.

39. Ueberdies sind diese Niederschläge nach den verschiedenen Jahreszeiten sehr ungleich, in einigen Erdstrichen aber sehr regelmässig vertheilt, d. h. sie haben eine jährliche Periode. So herrscht in der heissen Zone im Allgemeinen während der einen Hälfte des Jahres völlige Trockenheit und es regnet während der andern, allein in der Regel nur bei Tag um die Zeit des täglichen Maximums der Temperatur.

Ausserhalb der Wendekreise erfolgen die Niederschläge zu allen Jahres- und Tageszeiten. Auch kann man bemerken, dass in den Küstenländern die Mehrzahl im Winter und besonders im Herbst, im Innern der Continente aber im Sommer erfolge, was jedoch nur von der Nordhälfte des alten Continents gelten mag, da von diesem die meisten Beobachtungen vorliegen.

Was die Anzahl der Regentage anbelangt, so ergibt sich aus den Beobachtungen, dass es in der heissen Zone bei 80, auf der italischen Halbinsel 89, in der lombardischen Ebene 96, in Ungarn 112,

in England, Frankreich, Norddeutschland 152 bis 155, an der Ostküste Irlands dagegen 208, in den Niederlanden 178 u. s. w. Regentage gibt, woraus sich bei Erwägung des schon Gesagten erkennen lässt, um wie viel wasserreicher die Regen gegen den Aequator hin sein müssen.

40. Der Regen ist eine Folge der Vergrößerung der die Wolken oder Nebel bildenden Wassertropfen, die theils durch Winde theils durch Herabsetzung der Temperatur u. s. w. veranlasst werden kann. Die Tropfen sind in den höhern Regionen klein und vergrößern sich im Herabfallen, daher sie auch in der heissen Zone, wo die Wolken am höchsten stehen, selbst bis zu 1 Zoll im Durchmesser anwachsen können und oft zu wahren Regenfäden werden. Heftige Regengüsse nennt man **Wolkenbrüche**.

Da die Regenwolken meist in einer die Schneegrenze übersteigenden Höhe schweben, so ist die Bildung des Schnees und Hagels erklärlich, indem die bald in Eis verwandelten Regentropfen während ihres Falles entweder wieder ganz aufthauen (Regen) oder nur zum Theil (**Graupenregen** und **Hagel**) oder gar nicht (**Schnee**).

Was die geographische Vertheilung der festen Niederschläge des atmosphärischen Wassers betrifft, so erfolgt derselbe nur ausserhalb der heissen Zone, etwa vom 35. Breitengrade an (auf der nördlichen Halbkugel) und nimmt gegen die Pole hin zu. So hat im Durchschnitte Palermo nur $2\frac{1}{3}$, Rom $1\frac{1}{2}$, Florenz $1\frac{1}{3}$, Nizza $\frac{1}{2}$, Venedig $5\frac{1}{2}$, Mailand 10, Paris 12, Karlsruhe 26, Kopenhagen 30 und Petersburg 171 Tage im Jahre, an denen es schneit. Auch fällt im westlichen Europa weniger Schnee als im östlichen. Im Ganzen ist aber die Schneemenge weit geringer als die Menge des Regenwassers und beträgt z. B. in Kopenhagen kaum 30 Percent davon.

VII. Abschnitt.

Veränderungen der Erde.

41. Die Oberfläche der Erde ist fortwährend Veränderungen unterworfen, von denen wir selbst Augenzeugen sind. Wir wollen dabei ganz von denen abstrahiren, welche die Menschenhände bewirken und die oftmal von ungemeinen Folgen sind, wie z. B. Dalmatiens physische Zustände, Klima und Boden, durch die fluchwürdige Wirthschaft der ehemaligen Republik Venedig so nachtheilig geändert wurden. Noch weniger wollen wir die Veränderungen berücksichtigen,

welche durch die Pflanzenwelt hervorgerufen werden, indem verschiedene in Gewässern wuchernde Gewächse zerstört und in Torf verwandelt werden u. s. w. Allein es gibt deren noch viele, welche andere Quellen haben. So bauen z. B. kleine Seethiere, die Madraporen, fortwährend ihre Korallen und erhöhen dadurch den Meeresboden; so stürzt vom Wasser unterwaschener Boden — Erdfall — als trichterförmige Vertiefung, so stürzen vom Wasser unterwaschene Berge zusammen und bewegen sich gegen tiefere Stellen — Bergschlüpfe; so ändern Ströme ihren Lauf, bilden an ihren Mündungen Delta's u. s. w. Auch die constanten Meeresströmungen, die Ebbe und Fluth und noch mehr die von den Winden veranlassten Wellenbewegungen wirken zerstörend auf die Küsten und Inseln, so dass z. B. ganze Inseln, wie Helgoland, ihrer Zerstörung entgegengehen und ganze Küstenstriche immer mehr und mehr an Land verlieren, während andere, denen die losgerissenen Theile, so wie die von den Flüssen herbeigebrachten, zugeführt werden, an Land gewinnen. So verliert die dalmatinische Küste an Landesoberfläche, während die Italiens und Siciliens anwächst, was auch bei denen der canarischen Inseln u. s. w. der Fall ist.

Ebenso bewirken auch die Gletscher, welche thatsächlich sich durchaus thalabwärts bewegen, nicht sowohl unmittelbar durch diese Bewegungen als vielmehr durch die daran geknüpften anderweitigen Umstände (Schneesmelzungen, Lawinen) wichtige Veränderungen.

Doch gewaltsamer und meist bei weitem folgenreicher sind jene, welche durch die im Innern der Erde wirkenden Kräfte hervorgerufen werden und von denen wir nun jene betrachten wollen, welche von den vulcanischen Thätigkeiten herrühren. Darunter sollen die verstanden werden, welche ihren Ursprung in dem heissflüssigen Zustande des Innern der Erde haben.

42. Die Vulcane (feuerspeienden Berge) sind durch eine kegelförmige Gestalt characterisirt. Sie haben auf ihrem Gipfel eine Vertiefung von Trichterform — Krater — und in ihr eine oder mehrere, gleichfalls kegelförmige Hügel, aus deren Oeffnungen, wie auch aus andern mit jenen oder mit dem tieferen Innern der Erde communicirenden zahllosen Spalten, gewöhnlich Dämpfe (und zwar meist Wasserdämpfe), zuweilen unter Rauch- und Feuererscheinung steigen, häufig von unterirdischem, donnerartigem Geräusche begleitet. So ist der Zustand der Ruhe eines noch thätigen Vul-

cans, während ein schon ausgebrannter diese Erscheinungen nicht zeigt. Zwischen beiden stehen die Solfataren und die Gasvulcane. Unter erstern versteht man die, welche Schwefeldämpfe, unter den letztern, welche andere entzündliche Luftarten (Gase) austossen; die berühmteste Solfatara ist die von *Puzzuoli* in Unteritalien und der bekannteste Gasvulcan, der bei *Pietra mala* zwischen Bologna und Florenz.

Der Uebergang eines Vulcans aus dem Zustande der Ruhe in den der Thätigkeit — Eruption — ist zunächst von Erderschütterungen begleitet, die sich auch mehr oder weniger auf die Nachbarschaft erstrecken. Rauch und Getöse werden gewaltiger und die gesteigerten, heftigen Dampfausströmungen bewirken das Herausschleudern der losen Massen, sie reinigen den Krater, der sich in einen offenen Schlund von ungemessener Tiefe verwandelt.

Schnell bilden sich meist mehrere Oeffnungen an verschiedenen Theilen des Berges, oft in der Nähe seines Fusses. Aus ihnen und dem Krater werden nun im Innern heissflüssige Gesteinmassen — Lava — emporgetrieben, von denen die feinsten Theile als Asche von den Winden oft ungemein weit fortgeführt werden. Die Lava fliesst meist über den Kraterrand oder dringt aus den Seitenöffnungen hervor, bewegt sich, wiewohl langsam, oft in Meilen breiten Strömen, selbst einige Meilen weit fort, Alles zerstörend, was sie auf ihrem Wege findet, bis sie zu einer mehr oder weniger porösen Schlacke oder zu dichtem Gesteine erstarrt. Die Lavaströme erhalten manchmal eine ungeheure Höhe, wie beim Aetna z. B. die von 100 Fuss.

Anmerkung 1. Die vulcanische Thätigkeit äussert sich auch noch auf andere Weise, indem Wasser oder Schlamm statt der Lava ausgeworfen wird. Daher die Benennungen Wasser- und Schlammvulcane (Salsen). Der Schlamm ist halbflüssig und thonig. Die bekanntesten sind in Sicilien (als der Berg Maccaluba an der Südküste), auf der Halbinsel Taman am asow'schen Meere, auf der Insel Java u. s. w.

Anmerkung 2. Als auffallendes Beispiel vulcanischer Thätigkeit führen wir die Entstehung der Insel Ferdinandea 1831 in der Nähe der siciliani-schen Küste an. Sie wurde durch eine Reihe vulcanischer Eruptionen bis zu 200' Höhe und einem Umfange von einer Viertelstunde gebildet, und als die Ausbrüche geendet, von den Engländern 1832 in Besitz genommen. Allein noch in diesem Jahre verschwand sie spurlos, indem die lockere Sand- und Schlackenmasse von den Wellen weggespült wurde.

43. In Hinsicht der geographischen Vertheilung der Vulcane ist zu bemerken, dass sie keineswegs eine gleichförmige sei. Sie

nehmen vielmehr nur bestimmte Theile ein, wo sie in Gruppen sich darstellen, von denen die meisten in einem nachweisbaren Zusammenhange stehen. Von den mehr isolirt auftretenden Gruppen — Centralvulcanen — liegen fast alle in der alten Welt, wie die des mittelländischen Meeres (Aetna, Vesuv, die liparischen Inseln), die des Ararat in Asien u. s. w. Die in den andern Continenten und auf einigen Inseln sind fast durchgehends in Reihen geordnet — Reihenvulcane. So die Reihen auf den Antillen, in der Andeskette, im westlichen Nordamerika zusammenhängend mit denen der Aleuteninseln, die wieder durch die kamschatka'schen mit jenen der Kurilen und japanischen Inseln im Zusammenhange stehen. Weiter gehen die Vulcanketten in zwei Armen über die Inseln Oceaniens, wovon der eine zu dem Sunda-Archipel führt (davon hat Java allein 40 Vulcane).

44. Mit den vulcanischen Eruptionen stehen die Erdbeben im innigsten Zusammenhange, der gegenwärtig durch vielfache Beobachtungen ganz ausser Zweifel gesetzt ist, da einzelne hie und da isolirt auftretende Erderschütterungen der übrigen Zahl gegenüber für die Unabhängigkeit beider Phänomene nicht hinreichende Gründe sind. Denn die Erdbeben gehen in der Regel den vulcanischen Ausbrüchen voran, und sie fallen mit ihnen nicht blos geographisch, sondern auch historisch zusammen, indem die Länder, welche reich an Vulcanen sind, zugleich die meisten Erdbeben zu erleiden haben und die Zeiten ihres Stattfindens auch die der vulcanischen Eruptionen sind.

Die Erdbeben, Erderschütterungen, sind Schwingungen, welche in unbestimmten Zwischenräumen mit grosser, jedoch messbarer Geschwindigkeit nach verschiedenen Richtungen erfolgen. Sie sind theils horizontal, theils wellenförmig oder auch kreisend (wirbelnd), wenn sich die verschiedenen Richtungen kreuzen. Zuweilen sind sie von starken verticalen Stössen begleitet. Unter donnerähnlichem oder dem Gerassel von Wagen vergleichbarem Getöse spaltet sich die Erde, aus deren Innern Wasser, so wie verschiedene Dämpfe, darunter meist schwefelige, hervordringen. Das Meer und die Atmosphäre sind ungewöhnlich aufgeregt.

Die Oscillationen sind von ungleicher Dauer, indem sie meist nur einige Secunden anhalten; doch gibt es Beispiele (in der Andeskette von Südamerika), dass sie auch mehrere Tage hinter einander ununterbrochen fortdauern können; zuweilen erbebt die Erde Monate lang, jedoch nur mit Unterbrechung, in unbestimmten Zeitperioden.

Die Erdbeben sind unabhängig von der Natur der Gebirgsarten, in denen sie sich äussern; selbst in den lockersten Erdschichten sind sie empfunden worden. Dagegen hängt die Fortpflanzung der Bewegung davon ab. Diese schreitet in der Tiefe fort, während sie häufig an den obern Schichten nicht gefühlt wird. Hat sie ihre Richtung längs einer Küste oder an dem Fusse und in der Direction einer Gebirgskette, so entsteht an manchen Puncten eine Unterbrechung. Uebrigens werden Gebirgsketten zuweilen auch senkrecht von ihnen durchschnitten.

Die Erdbeben sind an keine Tages- oder Jahreszeit gebunden und eben so wenig an die Witterungsverhältnisse; sie haben keine constanten Vorboten ihres Eintreffens, welche von den gewaltigen Wirkungen derselben warnen könnten. Mindest sind derlei Anzeichen keineswegs allgemein, sondern hie und da local. Sie stürzen Gebäude ein, bilden neue Seen, trocknen vorhandene aus, erheben Berge aus dem Meere und auf den Ebenen, verschlingen vorhandene und wirken überhaupt umgestaltend und zerstörend auf die Erdoberfläche. Am meisten zu fürchten sind die kreisenden und die, welche von verticalen Stössen begleitet sind.

Das verbreitetste Erdbeben war wohl jenes, welches am 1. November 1755 Lissabon zerstörte, dessen neuen Quai mehr als 600 Fuss tief unter das Meer versenkte, die Gipfel der benachbarten Berge spaltete, zu Cadix das Meer zu 60 Fuss Höhe hob, Flammen und Rauch aus einer neugebildeten Spalte des Felsens von Alvidras heraustrieb u. s. w. Es wurde gleichzeitig durch fast ganz Europa bis Norwegen hinauf, in Nordafrika, in einigen westindischen Inseln, wo es urplötzlich die Fluth, die gewöhnlich nur 26 bis 28 Zoll beträgt, auf 20 Fuss (dintenschwarzen Wassers) trieb, und an mehreren Puncten des Meeres wahrgenommen, so dass der Flächenraum seines Bereiches über viermal grösser war, als der von Europa. Es wirkte sogar auf die Teplitzer Mineralquellen in Böhmen, welche damalseine Zeitlang ausblieben und dann, Alles überschwemmend, wieder hervorsprudelten.

Die Erdbeben in Chili sind besonders durch die Emporhebung der Erdrinde, sowohl an der Küste, als auch im Innern, an einigen Strecken selbst bis zu 10 Fuss, an andern jedoch nicht so bedeutend, bemerkenswerth. Genau untersucht wurden die von 1822, 1835 und 1837. Im Allgemeinen zeigten alle dieselbe Wirkung.

45. Ausser den gewaltsamen, durch vulcanische Ausbrüche und Erbeben bewirkten Emporhebungen des Festlandes gibt es noch andere, welche langsam vor sich gehen.

Es ist eine schon lange bekannte Thatsache, dass das Niveau des Festlandes an der Ostsee und dem ganzen nördlichen Oceane

in Vergleich mit dem Wasserspiegel in allmähigem Emporsteigen begriffen sei. Da nun nach genauen Untersuchungen diese Niveauveränderung nicht überall gleich gross und an den Küsten Dänemarks gar nicht mehr bemerkbar ist; so kann sie dem Sinken des Wasserspiegels nicht zugeschrieben werden, weil dies ja gleichförmig an allen Theilen der Meeresküste erfolgen müsste. Sofort bleibt nichts Anderes übrig, als sie für ein Emporsteigen des Festlandes zu erklären, welches sich von Sölvitsborg in Schweden bis Abo in Finnen erstreckt und an einigen Orten in dem letzten Jahrhunderte durch etwa 1 Fuss, am andern aber 2 bis 4 Fuss beträgt. In frühern Jahrhunderten mag jedoch diese Erhebung bei weitem grösser gewesen sein, da man an den genannten Küsten selbst in der Höhe von 600 Fuss über den gegenwärtigen Meeresspiegel noch Meeresproducte der Jetztzeit findet.

Aehnliche allmähige Erhebungen des Festlandes bemerkt man auch an mehreren Inseln des grossen Oceans, andere dagegen bieten Senkungen dar. Letztere sind auch an dem südlichen Schweden und an Grönland bemerkbar. Uebrigens ist kaum zu bezweifeln, dass der Verlust an Land in Dalmatien und ein proportionaler Gewinn an der italienischen Küste des adriatischen Meeres Senkung und Erhebung neben den oben angeführten Ursachen mit zum Grunde habe, so wie überhaupt die Erscheinungen in der physischen Welt aus den Wirkungen mannigfacher Ursachen zusammengesetzt sind.

Dass in früherer Zeit solche Erhebungen und Senkungen in weit grösserem Maasse erfolgt sein mögen, zeigen einzelne Theile der Erdoberfläche, welche wie das kaspische und das todte Meer tief unter der Oberfläche des mittelländischen Meeres (das todte um 1230 Fuss) liegen.

46. Die in gedrängter Kürze dargestellten Phänomene der vulcanischen Eruptionen und Erdbeben können nicht mehr wie ehemals, wo man ihre Hauptquelle in dem Verbrennen brennbarer Schichten vermuthete, örtlichen Ursachen zugeschrieben werden.

Nach der Theorie *Humboldt's* sind die Krater der Vulcane mehr oder weniger offene Verbindungswege mit dem in heissflüssigem Zustande befindlichen Innern des Erdkörpers und die Eruptionsproducte sind eben die durch die Spannung der daselbst entwickelten Dämpfe empor bewegten Theile der Flüssigkeiten. Welche Umstände aber den Wechsel von Ruhe und Thätigkeit oder gar das gänzliche Aufhören vulcanischer Thätigkeit herbeiführen, lässt sich

nicht genau angeben; denn es sind der Ursachen viele denkbar, welche dabei thätig sein können (als zeitweiliges Einströmen von Wasser, das in Dämpfe von hoher Spannung verwandelt wird, Nachwirkungen uralter Thätigkeiten u. s. w.) und mindest die Thatsachen zu erklären vermögen, sobald man den heissflüssigen Zustand des Erdinnern zugibt, welchen vorauszusetzen die mit der Tiefe zunehmende Wärme allerdings berechtigt.

Der innige Zusammenhang der Erdbeben mit den Vulkanen, ihre geographische und historische Gleichheit deuten darauf hin, dass beide ähnlichen Ursachen zugeschrieben werden müssen. Die Erdbeben mögen daher erfolgen, wo die Spannung der entwickelten innern Dämpfe nicht gross genug ist, um eine Communication der Oberfläche der Erde mit ihrem Innern herstellen zu können. Wenigstens lassen sich, auf diese Hypothese fussend, die verschiedenen Arten der Bewegungen, in welchen sich die Undulationen zeigen, nebst den verschiedenen Nebenumständen leicht erklären, so dass wir jede weitere Erörterung übergehen zu dürfen glauben. Sofort offenbart sich in den Erdbeben eine vulcanisch vermittelnde Macht, die jedoch selten und auch dann nur an einigen Puncten — wo die Erdrinde etwa die geringste Widerstandsfähigkeit besitzt — zu wirklichen Eruptionen gesteigert wird.

Dagegen sind die allmäligen Niveau-Veränderungen noch keineswegs mit solcher Bestimmtheit zu erklären, wie die obigen Erscheinungen. Allerdings sind mannigfaltige Ursachen zu solchen Veränderungen vorhanden, als die Kraft der im Innern der Erde eingeschlossenen Dämpfe, die Temperatursveränderungen mächtiger Gebirgsschichten, der Wärmeverlust der Rinde und des Innern der Erde, örtliche Modificationen der Anziehungskraft, die sich ohnehin in den verschiedenen Theilen zeigen u. s. w.

47. Aus den Veränderungen der Erde, welche wir gewissermassen vor unsern Augen vor sich gehen sehen, können wir mit vollem Rechte schliessen, dass ihre Oberfläche nicht von jeher die gegenwärtigen Formzustände dargeboten habe, dass von Epoche zu Epoche durch mächtige Umgestaltungen, welche ganze Länderstrecken und Bergketten erhoben, andere dagegen versenkten, die feste Rinde des Erdballs ihre heutige Form erhielt.

Jede dieser Epochen hatte ihre eigenen Schöpfungen, ihren besondern Typus organischer Wesen, wie es die Reste in den Eingeweiden der Erde unverkennbar darthun und die Unähnlichkeit der Formen liegt eben in dem Alter der Schichten. Nur nach und

nach, mannigfaltige Stufenleitern durchgehend, erhielt die Erde die Formen, welche sie jetzt beleben.

48. Ohne uns in eine Darstellung der verschiedenen Theorien über die Bildung der Erde zu ihrem gegenwärtigen Zustande und deren Kritik einzulassen, wollen wir, *Cotta* in den Hauptmomenten folgend, die Entwicklungsgeschichte der Erde in der vorhistorischen Zeit, wie sie wenigstens möglich ist, in einem kurzen Abrisse zu geben versuchen.

Welche Gestalt die Erde auch ursprünglich gehabt haben möge, Alles deutet darauf hin, dass ihr erster Zustand durchaus ein heissflüssiger gewesen sein möge, indem für einen flüssigen überhaupt die Gestalt der Erde spricht, Wärme aber das einzige bekannte Auflösungsmittel für die Gesammtheit der irdischen Stoffe ist; dann war er aber heissflüssig und dafür zeugt auch die oben erwähnte constante Zunahme der Wärme gegen den Mittelpunkt der Erde hin, welche im Innern noch heissflüssig sein muss. Zugleich sind die aus Lavaströmen durch Erkaltung entstehenden Gesteine vielen ältern ausserordentlich ähnlich.

War aber die Erde im heissflüssigen Zustande, so musste sie der Schwere gemäss sich zu einer Kugel formen und es mussten dabei die schwerern Theile dem Mittelpunkte näher liegen als die leichteren, von denen die luftförmigen die oberste Schichte und mithin auch die heutige Atmosphäre (wenn auch noch viele andere als die gegenwärtigen Bestandtheile enthaltend) bildeten. Die Rotation um ihre Axe hatte die sphäroidische Gestalt zur Folge, welche jedoch durch die Anziehungskraft der Sonne und des Mondes ähnliche, durch directe Messungen auch wirklich nachgewiesene Störungen erlitt, wie das Meer durch die Ebbe und Fluth.

Nothwendig musste die Temperatur des Weltraumes, welche tief unter dem Gefrierpunkte steht, (wahrscheinlich bei -40° C.), erkaltend auf die obersten Schichten wirken, daher die Wasserdämpfe, für welche hinreichend Quellen vorhanden waren, zunächst condensiren; diese kühlten die dichteren flüssigen Theile ab, verdampften wieder und sofort, ohne lange Zeit hindurch Wasser bilden zu können. Dasselbe mag auch mit andern, noch in Luftform bestandenen Stoffen der Fall gewesen sein. So bildete sich nach und nach eine feste Rinde, bis der ferneren Erkaltung dadurch Grenzen gesetzt wurde, dass die von der Erde in den Weltraum sich fortpflanzende Wärme nicht mehr betrug, als die, welche die Sonnenstrahlen auf der Erdoberfläche erzeugten. Die Resultate dieser er-

sten Erstarrung sind entweder die krystallinischen Schiefergesteine oder sie sind durch spätere neue Umschmelzung als solche gar nicht mehr vorhanden. (Gneis, Glimmerschiefer, Thonschiefer, Talkschiefer u. s. w.)

49. Die erste Erstarrungskruste konnte unmöglich sogleich ganz und ungestört bleiben. Die durch die Anziehung der Sonne und des Mondes, so wie durch viele andere Umstände veranlassten Bewegungen der darunter befindlichen flüssigen Masse, so wie die Zusammenziehung durch Abkühlung mussten sie vielfältig sprengen und es konnten durch die entstandenen Oeffnungen flüssige Massen an die Oberfläche emporsteigen, welche da erstarrten, im Allgemeinen als krystallinische Massengesteine. (Silicate mit und ohne Quarz als Granit, Weissstein u. s. w. Grünstein, Basalt u. s. w.). Die ersten Oeffnungen der noch sehr dünnen Kruste mochten weit sein und sattsam Raum bieten für grosse Massen, die nur mit geringer Energie des geringen Widerstandes wegen auf die Oberfläche der Erde hervordrangen, während mit dem Dickerwerden der Rinde dadurch bedingte Modificationen eintreten mussten, welche sich in dem Bilden von Vulcanen äusserten. So entstanden die Eruptivgesteine, in deren Altersreihe eine fortschreitende Entwicklung unverkennbar ist. Die ältesten sind im Allgemeinen leichter, kieselerdereicher und desshalb strengflüssiger als die neuern und treten auch in grössern Massen auf.

Nach vielfachem Zertrümmern und eben dadurch veranlasstem Anwachsen musste die Erdrinde nothwendig eine gewisse Consistenz gewinnen, die Oberfläche ruhiger werden und die Zerspaltungen sich vereinzeln. Dadurch wurde zugleich eine Herabsetzung der Temperatur der Erdoberfläche bedingt und hiermit das bleibende Ansammeln von Wasser möglich gemacht, das freilich noch immer eine sehr geringe Tiefe gehabt haben mag, da sein Kreislauf anfangs ein sehr schneller gewesen sein musste. Dagegen mochte seine Verbreitung eine so bedeutende gewesen sein, dass sie nur wenige und kleine Inseln gestattete. Jedenfalls beförderte es aber, da es noch immer eine ziemlich bedeutende Temperatur hatte und eben desshalb viele Salze auflösen konnte, das Vergrössern der Inseln durch den Niederschlag, der daraus beim Verdampfen entstand. Somit bildeten sich die Schichtgesteine, deren einzelne Glieder und Schichten nach den sorgfältigsten Untersuchungen in bestimmter, überall gleicher Reihenfolge auf einander liegen. Diese Epoche heisst man auch Flötzformation und die Gesteine wegen der Regelmässigkeit ihrer Uebereinanderlagerung die normalen.

Durch das Auftreten des Wassers war zugleich der wichtigsten Bedingung für die Existenz organischer Wesen Genüge geleistet. Spuren von diesen finden wir beinahe schon in den untersten unveränderten Schichtgesteinen; Fische zeigen sich zuerst und überhaupt lassen sich schon die ersten Pflanzen und Thiere in unsere jetzigen Hauptclassen einreihen. Zugleich waren sie allgemein verbreitet; man findet Spuren in allen Welttheilen, allen Gegenden, was beweist, dass es keinen klimatischen Unterschied gab und die allgemein hohe Temperatur mehr von der Erde als von der Sonne herrührte. Auf jeden Fall wurde die Vegetation durch die Feuchtigkeit der Atmosphäre sehr begünstigt.

Durch Erdbeben und dadurch verursachte Zuströmungen des Meeres oder durch heftige Regengüsse wurden mineralische Bestandtheile den ehemaligen Wasserbecken und hierauf den mit Wäldern hoher Pflanzen bedeckten wasserfreien Gegenden zugeführt, durch deren Ablagerung die vorhandene Vegetation erstickt wurde. So entstanden die Torf- und Kohlengruppen, über welchen nach Verdunstung des Wassers die Vegetation aufs Neue begann. Durch öftere Wiederholung solcher Vorgänge wurden sie vervielfältigt. Und so sind die Steinkohlen durch die längere Zeit des Bestehens von den Braunkohlen und diese ebenso vom Torf unterschieden.

Mit den verschiedenen einzelnen Entwicklungsgruppen von Gesteinen, die nun in immer mehr und mehr sich vervollkommnenden Formen auf einander folgen (Zechstein und Trias, Kreide, Molasse), gehen auch die Gestaltungen der organischen Wesen gleichen Schritt. Nach den Seethieren zeigen sich Spuren von Vögeln, dann von Säugethieren, welche namentlich nach der Kreidegruppe die Hauptrolle zu spielen beginnen. Da zugleich die Eruptionen sich mehr den echt vulcanischen von da an näherten, die Oberflächenformen sich mannigfaltiger gestalteten und höhere Gebirge hervortraten, so stellt sich hiermit von selbst ein wichtiger Abschnitt dar. (Beginn der Tertiärformationen.) Wie die Formen der Thiere, ebenso änderten sich die der Pflanzen. Ueberhaupt mag die Pflanzen- und Thierwelt von einer unserem jetzigen Klima nicht entsprechenden Fülle gewesen sein, was die selbst im äussersten Norden aufgefundenen Knochen von Mammuths, Elephanten, Rhinocerosen u. s. w. andeuten.

50. Schon hatten sich mehr und grössere Inseln gebildet, selbst mit Landgewässern versehen, als sich einzelne Theile von Neuem (darunter die Gegend des heutigen Europa) unter das Meeresniveau

senkten und überschwemmt wurden. Man nennt diese Epoche die Diluvialzeit, mit welcher zugleich eine plötzliche Temperaturabnahme eingetreten zu sein scheint und die auch den Thieren, welche damals diese Gegenden reichlich bewohnten, als Mammuths, Bären, Löwen, Tigern, Hyänen u. s. w. ihr Grab bereitete. Doch mochte diese Epoche von keiner langen Dauer sein, da man in den dadurch veranlassten Ablagerungen kaum Spuren der Entwicklung eines untermeerischen Thierlebens findet. Es wurde vielmehr — wenn man nur Europa berücksichtigt — dieses, jedoch erst nach und nach durch vulcanische Kräfte aus dem Wasser gehoben, welches nach den allgemeinen Richtungslinien der Gebirge, nach örtlichen Zerspaltungen und besonders nach den Zügen leicht zerstörbarer Gesteine abströmend, die Thäler ausfurchte, welche noch jetzt dem meisten Gewässer zum Abflusse dienen. Aber nicht auf einmal konnte das Festland abtrocknen, viele gesonderte Wasserbecken waren mit erhoben worden, verwandelten sich nach und nach in Süßwasserseen und entleerten sich zum Theil durch spätere Durchbrüche, wie z. B. der böhmische Kessel durch das Elbethal, zum Theil sind sie jetzt noch Landseen.

51. Durch diese Vorgänge wurde das Festland zum Wohnplatze des Menschen geeignet, welcher bald nach der Diluvialzeit aufgetreten zu sein scheint, was freilich noch immer eine äusserst unbestimmte Angabe bleibt. Eine frühere Existenz des Menschengeschlechtes anzunehmen, hat man keinen Grund; man hat noch nirgends Spuren menschlichen Daseins mit diluvianischen Producten in der Weise zusammengefunden, dass man sie rechtfertigen könnte. Im Gegentheile findet man an den Wirbelthieren eine fortschreitende Annäherung an den Menschen, mit dessen Auftreten die historische Zeit beginnt.

Der Einfluss klimatischer Verhältnisse wird bemerkbar, allein keine Abkühlung und eben desshalb auch keine weitere Entwicklung mehr; es gibt nur noch Veränderungen der Erde.

Folgende, aus *Cotta's* Geologie und Geognosie entlehnte Tabelle, stellt das Gesagte übersichtlich dar.

Die Planetensubstanz ist gasförmig.

1. Periode. Ein heissflüssiger Erdkern hat sich in der gasförmigen Hülle concentrirt.

2. Periode. Es bildet sich eine feste Erstarrungsrinde als Grenze zwischen der heissflüssigen und der gasförmigen Region.

3. Periode. Die Temperatur der Oberfläche der festen Kruste gestattet den Elementen des Wassers, sich zu solchem zu verbinden.

Die anfänglich sehr hohe Temperatur der Planetenmasse nimmt mit der Zeit fortwährend ab.

Die Erstarrungskruste wird nach dem Erdmittelpuncte zu immer dicker.

Auf der Erstarrungskruste werden Ablagerungen durch Wasser gebildet und diese nehmen mit der Zeit (nach oben) an Mannigfaltigkeit zu.

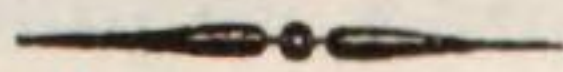
Der flüssige Erdkern wird durch Spalten in der Erstarrungskruste und den Schichtgesteinen an die Oberfläche gepresst, die so entstehenden Eruptivgesteine nehmen mit der Zeit an Volum und an Kieselerdegehalt ab.

Die Oberflächengestaltung wird immer mannigfaltiger und insbesondere die Thalbildung immer entwickelter.

Die Atmosphäre wird immer dünner, besonders kohlenstoff- und wasserstoffärmer und dadurch geeigneter für warmblütige Thiere.

Das organische Leben entwickelt sich, die niedersten Formen treten zuerst auf, immer höher organisirte nach und nach hinzu. Der Einfluss klimatischer Zonen wird erst später bemerkbar.

6. Periode (historische). Die Erde in ihrem gegenwärtigen Zustande. Es ist keine Abkühlung bemerkbar. Die ausstrahlende Wärme wird durch die von der Sonne einstrahlende ersetzt. Der Mensch ist aufgetreten.



Anhang.

Der Mensch.

I. Abschnitt.

Das Menschengeschlecht überhaupt.

1. Das edelste Geschöpf, welches die Erde bewohnt, ist der Mensch. Ohne in die Untersuchungen einzugehen, welche über die Zeit seines Ursprungs, die man doch sicher in die letzte Entwicklungsperiode der Erde zu ihrem jetzigen Zustand versetzen muss, über den Ort seines ersten Lebens, der wohl mit aller Wahrscheinlichkeit in die asiatische Hochebene versetzt wird, u. s. w. angestellt wurden, wollen wir nur das näher liegende Positive in's Auge fassen.

Zunächst müssen wir bemerken, dass die Menschen, welche psychische und physische Varietäten sie auch in den verschiedenen Theilen der Erde zeigen, doch nur eine Gattung von Geschöpfen bilden, das Menschengeschlecht. Die Untersuchungen über dasselbe bieten das höchste Interesse dar, eben weil sie das Edelste, Bewundernswertheste auf der Erde betreffen und wir glauben uns nicht erst entschuldigen zu müssen, wenn wir, von hergebrachter Gepflogenheit abweichend, in dieses Lehrbuch Manches aufnehmen, was sonst nur in Monographien zerstreut sich vorfindet.

2. Das Menschengeschlecht theilt man in gewisse Arten (Racen) ab und nimmt als Eintheilungsgründe die körperlichen Eigenthümlichkeiten in den verschiedenen Theilen der Erde und zwar namentlich die Hautfarbe. Die Zahl der Racen wird jedoch sehr verschieden angegeben, sie wechselt je nach der Ansicht der Schriftsteller zwischen 2 und 15. Wir folgen der am meisten gebräuchlichen, welche das Menschengeschlecht in drei Hauptstämme unterscheidet:

den kaukasischen (weissen),

den mongolischen (gelben) und

den äthiopischen (schwarzen, Negerrace).

Der kaukasische, zugleich wahrscheinlichst der Urstamm der übrigen, hat seinen Namen von dem muthmasslichen Ursitze des Menschengeschlechts am Kaukasusgebirge (der Alten) und bewohnt ganz Europa (nur das innerhalb der Parallelkreise, ein Streif im Osten und

einzelne wenige Bezirke ausgenommen), Nord-Afrika, ganz Westasien bis an den Obistrom, das Gebiet des Himalaja und des Ganges, fast ganz Amerika und die von Europäern allerorts gegründeten Colonien.

Der mongolische, welcher seinen Namen von dem im östlichen Theile Asiens wohnenden Volke, den Mongolen, hat, besitzt den vom kaukasischen nicht in Besitz genommenen Continent von Asien und Europa, so wie das arctische Amerika.

Die Urbevölkerung Amerika's — die amerikanische (rothe oder kupferfarbige) — ist eine Zwischenrace (Indianer), die häufig als Hauptrace betrachtet wird und gegenwärtig ihrer gänzlichen Ausrottung mit Riesenschritten entgegeneilt.

Der äthiopische — gewöhnlich die Neger race genannt — hat seinen Namen von Aethiopien, worunter die Alten Hochafrika verstanden, und bewohnt das südlich von der Sahara gelegene Afrika, kam jedoch durch Uebersiedlung auch nach Nordamerika, Westindien und Brasilien.

Als Nebenrace derselben unterscheidet man die dunkelfarbigen Negritos auf dem ostafrikanischen, südasiatischen und den zu Australien gerechneten Inseln; auch in Hinterindien wohnen sie und zwar wahrscheinlich sogar als Urbevölkerung.

Zwischen den drei Hauptracen steht die gebräunte malaische — meist als Hauptrace angesehen; — sie hat fast sämtliche Inseln des grossen Oceans und indischen Meeres inne.

Die Bevölkerung des australischen Continents scheint als Race zwischen den Negritos und Malaien zu stehen.

Diese Stämme zeigen schroffe Verschiedenheiten, die nicht immer durch Klima und Lebensweise erklärt werden können. So ist der kaukasische durch Grösse und Stärke ausgezeichnet, hat langes, feines, weiches Haar, in der Farbe von blond bis schwarz, ovales, nicht grosses Gesicht, schmale und gewölbte Stirn, kleinen Mund, kleine und anliegende Ohren, grosse Augen in der Farbe von blau bis schwarz. Dagegen sind die andern Racen in der Regel nur von mittlerer Grösse und die im Norden wohnenden Mongolen klein; die Mongolen und Indianer haben langes, straffes, grobes, häufig sparsames Haar, das bald schwarz oder braun, bald röthlich oder roth ist. Die Malaien und Neger haben schwarzes, erstere lockiges, letztere krauses und wolliges Haar. Bei den Mongolen und Neger findet man nur ausnahmsweise Barthaar. Der Mongole hat einen grossen, fast würfelförmigen Kopf, plattes und breites Gesicht, flache Stirn, kleine, schwarze oder dunkelbraune Augen, hervorragende Backenknochen, grossen Mund mit breiten dicken Lippen, spitzes Kinn, eine Nase mit breiten Flügeln und grossen Nasenlöchern, grosse und weit abstehende Ohren. Die Malaien und Indianer stehen dem Kaukasier näher als dem

Mongolen. Der Neger hat einen schmalen, nach hinten gebogenen Kopf, schmales Gesicht, flache Stirn, vorstehende grosse Augen, dicke und breitplatte Nase, grosse und abstehende Ohren.

Uebrigens leuchtet von selbst ein, dass hier nur von dem mittlern Menschen, welcher eine Race repräsentirt, die Rede sein kann, indem die Uebergangsstufen bis zu noch schroffern Gegensätzen nirgends fehlen. Andererseits wird man zugestehen, dass bei der Unvollständigkeit der Kenntnisse in dieser Richtung die hier besprochene Eintheilungsfrage bei weitem noch nicht als geschlossen angesehen werden könne.

3. Ganz eigene Typen zeigen überdies die Bastarde, welche aus der Vermischung der Racen hervorgehen und sie erhalten deshalb besondere Namen. So heisst das von einem Weissen und einer Negerin erzeugte Kind *Mulatte* (in Brasilien *Pardo*) und steht durch seine gelbe Farbe, sein schwarzes, halbkrauses Haar und übrige Körperbildung gleichmässig zwischen beiden Racen. Ein *Mulatte* und eine Weisse zeugen den *Quarteron* von hellerer Farbe und mehr europäischer Gesichtsbildung, welche Typen bei dem aus der Vermischung eines *Quarteron* und einer Weissen entspringenden *Octavon* noch mehr kaukasisch werden, so dass ein *Octavon* mit einer Weissen ein der kaukasischen Race völlig ähnliches Kind erzeugt. Ferner heisst das Kind eines Weissen mit einer Ostländerin ein *Metis*, mit einer amerikanischen Indianerin ein *Mestize* (in Brasilien *Mameluco*). Neger und Ur-Amerikaner zeugen die kräftigen, kupferig-schwarzbraunen *Zambi* oder *Lobos*. Die in Amerika geborenen reinen Abkömmlinge von Europäern heissen *Creolen*.

Es ist nur noch zu bemerken, dass die angeführten Typen bleibend sind in den Kindern, welche von gleichartigen Eltern gezeugt werden und dass durch ungleichartige Vermischung noch viele Zwischenarten sich ergeben.

4. Noch mannigfaltiger, als die physischen Verschiedenheiten, gestalten sich die intellectuellen und moralischen, nicht sowohl bei den verschiedenen Racen und Abarten, als vielmehr im Ganzen. Die darauf sich stützenden Eintheilungen sind jedoch theils überflüssig, theils zu vag, als dass sie angeführt zu werden verdienten. Selbst von der Eintheilung des Menschengeschlechts nach Religionen mag uns bei dieser allgemeinen Uebersicht die in *Monotheisten* (einen Gott Anerkennenden) und *Polytheisten* (mehrere Götter Verehrenden) genügen.

Dagegen ist die ethnographische Classification, d. h. die Eintheilung des Menschengeschlechtes in Völker oder Nationen, für die Geographie von der grössten Wichtigkeit.

Man versteht im Allgemeinen unter Volk oder Nation die Gesammtheit der Menschen, welche dieselbe Sprache (wenn auch in verschiedenen Dialecten) reden; im politischen oder historischen Sinne begreift man darunter die Menschen, welche derselben obersten Gewalt unterworfen sind und in geographischem die, welche einen gewissen natürlich begrenzten Theil der Erdoberfläche (ein Land) bewohnen. So z. B. heisst jeder Unterthan der österreichischen Monarchie, anderen Staaten gegenüber, ein Oesterreicher, er mag ein Deutscher, Slave, Italiener oder Magyar sein, und ebenso wird der Bewohner des Erzherzogthums Oesterreich ein Oesterreicher genannt, mag er nun ein Deutscher oder ein Slave sein. Da jedoch die Sprache das bleibende und hinlänglich characterisirende, ja oft einzige Unterscheidungsmerkmal eines Volkes ist, so muss auch die zuerst gegebene Definition als die wissenschaftliche angesehen werden. Es gibt daher überhaupt so viele Nationen, als es Sprachen gibt. Ihre Anzahl ist bis jetzt keineswegs bekannt und man darf sich eben nicht wundern, wenn die Angaben darüber um mehr als 1000 von einander abweichen. *Balbi* führt 860 Sprachen mit etwa 5000 Dialecten an, wovon er 53 auf Europa, 115 auf Afrika, 117 auf Oceanien, 153 auf Asien und 422 auf Amerika rechnet.

5. Da der vereinzelte Mensch ein elendes Wesen ist, so zwang ihn die Hilflosigkeit, sich an andere anzuschliessen, die zusammen eine Gesellschaft bildeten. Diese hätte aber bei den widerstreitenden Neigungen und Interessen der Einzelnen nicht bestehen können, wenn nicht durch gegenseitiges Uebereinkommen bestimmte, von Allen zu achtende Normen — Gesetze — aufgestellt worden wären. Einen solchen Verein, der nothwendig mit der Zeit sowohl wegen des natürlichen Zuwachses als auch wegen des fortwährenden Kriegszustandes der Menschen gegen einander an Umfang zunehmen oder mit anderen sich verschmelzen musste, nennt man einen Staat.

Da dessen nächster Zweck nur Sicherheit und Rechtsgiltigkeit sein konnte, so musste, wenn auch die Gesellschaft sich die Gesetze selbst gab, also selbst die gesetzgebende Gewalt war, doch für die Aufrechthaltung der gegebenen Gesetze gesorgt, eine vollstreckende Gewalt (worunter auch die richterliche begriffen sein mag) aufgestellt werden. Anfangs wählte man einen oder mehrere ausgezeichnete Männer zu solchen Vollstreckern auf bestimmte oder unbestimmte Zeit, blieb im Falle neuer Wahlen meist bei

gewissen Familien stehen, die sofort eine eigene Classe, den Adel, bildeten. Mit der Zeit wurden auf mannigfache Weise die alten Verhältnisse der gesetzgebenden und vollstreckenden Gewalt verändert, und es entstanden die verschiedenen Staatsverfassungen, worunter man eben die gesetzliche Feststellung versteht, von wem und innerhalb welcher Grenzen diese Gewalten ausgeübt werden.

Verfassungsformen gibt es sehr viele, von der grössten Zerstücklung der Gewalt unter den einzelnen Gliedern der Gesellschaft bis zu der vollständigsten Concentration in den Händen eines Einzelnen. Ist nur ein Einzelner im Besitze beider Gewalten oder blos in dem der vollstreckenden, so heisst der Staat eine Monarchie und zwar im ersten Falle eine unbeschränkte, im zweiten eine beschränkte oder constitutionelle. Sind Mehrere zugleich im Besitze der obersten Gewalt, so heisst der Staat eine Polyarchie (Republik); sie ist aristokratisch, wenn die Gewalthaber nur aus einer privilegierten Classe von Bürgern, den Vornehmen sind und demokratisch, wenn die oberste Gewalt von der Volksversammlung oder wenigstens von den Vertretern, welche das Volk wählt, geübt wird.

Diese reinen Regierungsformen finden sich nur selten in der Wirklichkeit vor und die meisten sind gemischt. Es ist ferner zu bemerken, dass man die gesetzwidrige Macht eines Einzelnen Tyrannie, die gleichzeitige Herrschaft mehrerer Tyrannen Oligarchie, die Herrschaft des Pöbels Ochlokratie und den Zustand eines Staates, wo bei völliger Auflösung der Staatsgewalten nur das Recht des Stärkeren gilt, Anarchie nennt.

Vereinigen sich mehrere unabhängige Staaten unter eine von ihnen gewählte höchste Autorität, so entsteht ein Staatenbund (Conföderation), wie z. B. der deutsche Bund, die schweizerische Eidgenossenschaft, die vereinigten nordamerikanischen Staaten.

Uebrigens erhalten die monarchischen Staaten nach den mit ihrer Ausdehnung in Einklang stehenden Titeln der Regenten die speciellen Namen: Kaiserthum, Königreich, Grossherzogthum, Kurfürstenthum, Herzogthum, Fürstenthum, Landgrafschaft, Grafschaft, Herrschaft, Khanat, Imanat, Scherifat.

6. Die Zahl der Menschen auf der ganzen Erde zu bestimmen, ist äusserst schwierig. Es kann dabei nur von einer beiläufigen Approximation die Rede sein. Die Angaben schwanken auch auf das Abenteuerlichste zwischen denen von *Volney* (437 Millionen) und denen von *Voltaire* (1600 Millionen), ganz abgesehen von der des

Verfassers der grossen englischen Welthistorie (4000 Millionen).
Balbi rechnet (1840)

auf Europa	228	Millionen,	
„ Asien	390	„	„
„ Afrika	60	„	„
„ Amerika	39	„	„
„ Oceanien	20	„	„ also

737 Millionen Menschen im Ganzen.

Wenn man aber erwägt, dass die Bevölkerung von Europa wenigstens 250 Millionen beträgt, ferner dass *Balbi* die von China auf 170 Millionen herabsetzt, während sie nach den Berichten der meisten Reisenden über 300 Millionen beträgt, so wie dass die von Amerika wenigstens um 5 bis 6 Millionen und die von Afrika um 25 bis 30 Millionen mehr ausmachen dürfte, da *Balbi* dem völlig unbekannten und zugleich grössten Theile davon nur 30 bis 35 Millionen zuerkennt; so kann man die Bevölkerung der ganzen Erde bei Berücksichtigung, dass die Asiens von ihm, Anderen gegenüber, auch sonst noch zu klein bestimmt wurde, in runder Zahl auf 1000 Millionen annehmen.

Diese Zahl vertheilt sich, wie folgt,
 auf Europa 250 Millionen,
 „ Asien 600 „ „
 „ Afrika 85 „ „
 „ Amerika 45 „ „
 „ Oceanien 20 „ „

Wir werden in dem zweiten Theile diese Zahlen genauer angeben, da es sich hier blos um runde Zahlen handelt und bemerken nur, dass sie sich etwas höher stellen als die hier angeführten.

II. Abschnitt.

Der Mensch im socialen und Staatsleben.

7. Die Gesammtheit der in einem Staate lebenden Menschen nennt man seine absolute Bevölkerung und ihr Verhältniss zu dessen Flächenraume (der Vergleichbarkeit halber etwa in geographischen □ Meilen ausgedrückt) die relative, oder auch die Volksdichte, welche mithin die Zahl der Menschen angibt, die auf der Flächeneinheit (geographischen □ Meile) leben.

Die Kenntniss der absoluten Bevölkerung eines Staates ist ne-

ben der seines Flächeninhaltes — beide zusammen nennt man seine **Grundkräfte** — offenbar von grösster Wichtigkeit. Man gelangt dazu durch **Volkszählungen** (Census, Conscriptionen) oder wo diese mangeln auf indirecte Weise approximativ durch **Berechnung**.

Zählungen sind in den meisten Europäischen Staaten eingeführt, die theils jährlich vorgenommen werden, theils nach längeren Perioden, welche offenbar genügen, wenn sie nicht zu weit von einander gerückt sind. Zur Berechnung benützt man als Anhaltspunkte verschiedene Umstände, die mehr oder weniger genau bekannt sind; so z. B. die Angaben über die Geburten, Sterbefälle, die Zahl der Familien, Häuser oder auch der Feuerstellen, die auf Volkszahl sich gründende Besteuerung, ja die Quantität gewisser Consumtionsartikel, aus Vergleichung mit andern Staaten bei Berücksichtigung der verschiedenen Verhältnisse u. s. w. Denn weiss man z. B. auf wie viel Menschen ungefähr je eine Geburt oder ein Sterbefall kommt und kennt man die Zahl der Geburten und Sterbefälle, wie dies z. B. in der österreichischen Monarchie mit Siebenbürgen der Fall ist; so kann man offenbar einen begründeten Schluss auf die Grösse der Bevölkerung machen, um so mehr, wenn man die Verhältnisse, welche die Zahlen allenfalls verrücken können, berücksichtigt. Ebenso verhält es sich mit den andern Daten, welche als Grundlagen einer solchen Berechnung benützt werden. Es versteht sich übrigens von selbst, dass, wenn mehrere derlei Elemente bekannt sind, das eine dem anderen zur Controlle oder Kritik dient.

Anmerkung. Zuweilen werden die Verhältnisse der Volkszahl zur benützaren oder benützten Bodenfläche angegeben, was die Vergleichbarkeit der Staaten unter einander erleichtert.

8. Die Kenntniss der absoluten Bevölkerung genügt weder zur Beurtheilung der Zustände eines Staates noch zu wissenschaftlichen Forschungen. Freilich bleibt die Wirklichkeit weit hinter den Anforderungen, welche eine wissenschaftliche Untersuchung an die Specialisirung der Angaben stellt; doch kennt man mehr oder weniger genau

- a) das Sexualverhältniss und
- b) die Altersclassen der Bevölkerung.

Das weibliche Geschlecht übertrifft in den meisten europäischen Staaten an Zahl das männliche, wiewohl das letztere bei den Geburten die Mehrzahl aufweist. Allerlei Umstände verrücken das

Gleichgewicht; so z. B. übt das männliche Geschlecht meist ausschliesslich die lebensgefährlichen Beschäftigungen, erleidet im Kriege grosse Verluste, hat mehr Auswanderungslust als das weibliche, wesshalb auch in Staaten (wie in ganz Nordamerika), wohin die Auswanderung ihre Hauptrichtung hat, das männliche überwiegt. Uebrigens zeigt sich fast überall in Friedensjahren die Tendenz, das Gleichgewicht zwischen beiden Geschlechtern herzustellen und es scheint, als ob in Süden das männliche Geschlecht, sonst überall aber das weibliche überwiege, jedoch so, dass Mittel-Europa das Maximum dieses Uebergewichtes darstellt.

Folgende Tabelle enthält das fragliche Verhältniss von mehreren Staaten Europas und zugleich zum Theile die Rechtfertigung der zuletzt aufgestellten Behauptung.

Land	Epoche	männliche Bevölkerung mittlere	weibliche Bevölkerung mittlere	Auf 1000 männliche Individuen kommen weibliche
Königreich Böhmen	von 1780 bis mit 1790	1,292113	1,425536	1104
	von 1800 bis mit 1810	1,420192	1,644446	1158
	1820	1,579553	1,799788	1139
	von 1830 bis mit 1834	1,830115	2,069013	1131
	von 1835 bis mit 1839	1,875835	2,137837	1140
	von 1840 bis mit 1844	1,968677	2,232695	1134
	von 1830 bis mit 1834	628822	666843	1060
	von 1835 bis mit 1839	641460	681378	1062
Oesterreich unter der Enns	von 1840 bis mit 1844	681694	712151	1045
	von 1830 bis mit 1834	213664	218533	1023
	von 1835 bis mit 1839	225775	213664	1026
	von 1840 bis mit 1844	239052	242570	1015
Küstenland sammt Triest	von 1830 bis mit 1834	1,019582	1,018180	999
	von 1835 bis mit 1839	1,044923	1,039697	995
	von 1830 bis mit 1834	1,019582	1,018180	999
Gouvernement Venedig	von 1835 bis mit 1839	1,044923	1,039697	995

Land	Epoche	männliche Bevölkerung mittlere	weibliche Bevölkerung mittlere	Auf 1000 männliche Individuen kommen weibliche
Gouvernement Venedig	von 1840 bis mit 1844	1,091111	1,085717	995
Gouvernement Lombardie	von 1830 bis mit 1834	1,207304	1,196674	992
	von 1835 bis mit 1839	1,241036	1,231550	992
	von 1840 bis mit 1844	1,285260	1,279768	996
Königreich Preussen	1816	5,133475	5,215556	1016
	1837	7,039223	7,058902	1003
	1840	7,448582	7,479919	1004
Königreich Sachsen (mit Militär)	1834	775244	820424	1059
	1840	829655	876621	1057
	1843	855620	902180	1055
Königreich Hannover (ohne Militär)	1833	823184	839445	1020
	1836	837070	851215	1017
	1839	854566	867541	1015
	1842	873344	882248	1010
Baiern	1835	2,070691	2,176057	1051
	1840	2,131676	2,239301	1050
Württemberg	von 1833 bis mit 1837	785875	824825	1050
	von 1838 bis mit 1842	823564	858464	1042
Königreich Frankreich	1831	15,936500	16,624400	1043
	1836	16,460700	17,080200	1038
	1841	16,908674	17,321504	1024
Königreich der Niederlande	1840	1,400942	1,459508	1042
Königreich Sardinien ohne die Insel	1838	2,072797	2,053028	991
England und Schottland	1831	8,211570	8,431600	1027
	1841	9,012956	9,513969	1055
Schweden	1805	1,158300	1,254472	1092
	1810	1,134008	1,243843	1097
	1820	1,239475	1,345215	1085
	1830	1,390921	1,497161	1076
	1835	1,461577	1,563862	1070
Norwegen	1835	585381	609446	1041
Dänemark (ohne Island und die Faroer Inseln)	1840	1,057414	1,074514	1016

Anmerkung. Bei den österreichischen Provinzen ist das Militär nicht mit-
-inbegriffen.

9. Von der grössten Wichtigkeit ist es, die Vertheilung der Bevölkerung in die verschiedenen Altersklassen zu kennen. Viele Zustände finden nur in den Altersverhältnissen der Bevölkerung, welche in den verschiedenen Staaten bedeutend variiren können, eine genügende Erklärung. Bei den Volkszählungen wird jedoch noch nicht überall die Sorgfalt auf deren Ausmittlung verwendet, die sie verdient und erfordert, wenn man auch aus so mannigfachen Ursachen von vornehinein auf mathematische Genauigkeit verzichten muss. So sehr das äusserste Detail neben der dabei unerlässlichen Sexualtrennung zu wünschen, so unpractisch ist eine solche Forderung. Dagegen hat zu wenig Detail auch nur wenig oder gar keinen Werth.

Anmerkung. 1. In den Volkslisten der meisten Staaten werden verschiedene Altersklassen unterschieden, jedoch in äusserst abweichendem Umfange. So enthalten

die bairischen, deren nur zwei, nämlich unter und über 14 Jahre,
die hannoveranischen 7, nämlich

von 0—7, 7—14, 14—20, 20—45, 45—60, 60—90, über 90 Jahre,
ebenso die neuern preussischen, nämlich

von 0—5, 6—7, 8—14, 15—16, 17—45, 46—60, 61 und darüber;
die dänischen geben 10, von 10 zu 10 Jahren bis 100,
die württembergischen 11, nämlich

0—6, 6—14, 14—20, 20—25, 25—40, 40—60, 60—70, 70—80,
80—90, 90—100, über 100,

die sächsischen 12, nämlich

0—6, 6—14, 14—19, 19—21, 21—30, 30—40, 40—50, 50—60,
60—70, 70—80, 80—90, über 90.

Die sardinischen unterscheiden 12, die norwegischen 14,
die schwedischen 25, die niederländischen 48 Altersklassen.

Anmerkung. 2. Im Allgemeinen kann man annehmen, dass eine Bevölkerung von einer Million ungefähr

185.700 Menschen von der Geburt bis mit zum 10. Jahre,

166.540 „ „ zwischen 10 und 20 „ „

153.790 „ „ 20 „ 30 „ „

138.900 „ „ 30 „ 40 „ „

122.210 „ „ 40 „ 50 „ „

103.600 „ „ 50 „ 60 „ „

76.940 „ „ 60 „ 70 „ „

40.740 „ „ 70 „ 80 „ „

10.800 „ „ 80 „ 90 „ „

775 „ „ 90 „ 100 „ „

5 „ „ über 100 Jahre

enthält. Sofort hat an der Bevölkerung die Altersklasse vom 20. bis 50. Jahre mit mehr als $\frac{2}{5}$ des Ganzen Antheil und des kann die waffenfähige Bevölkerung mindest auf $\frac{1}{6}$ der Gesamtbevölkerung geschätzt werden.

10. Eben so wichtig ist es, die Bevölkerung nach ihrer Vertheilung in Bezug auf die Beschäftigung zu kennen. Von den wenigsten Staaten besitzt man genügende Listen, welche überhaupt nur äusserst schwierig mit wünschenswerther Genauigkeit zu erlangen sein dürften. Bedenkt man aber, dass eben die hierher gehörigen Zahlen, ja sie allein schon ein richtiges Bild von dem Zustande eines Landes geben und die Vergleichung derselben, wie sie sich mehrere Jahre hintereinander darstellen, zugleich die Richtung der Volksthätigkeit deutlicher erkennen lassen, als so manches weitausholende Raisonnement; so wird man zugestehen, dass die Schwierigkeit der Ausmittlung der nöthigen Daten vor deren Wichtigkeit zurüktreten müsse.

Neben den angeführten Specialisirungen ist wünschenswerth die Unterscheidung in Verheiratete und Unverheiratete, so wie die letzterer in Verwitwete, Geschiedene und Unverwachsene. Von noch höherer Bedeutung ist die Classificirung nach der Nationalität, nach der Gattung der Wohnorte (städtische und ländliche Bevölkerung) und nach den heimatlichen Verhältnissen (Einheimische, Fremde aus andern Provinzen, Ausländer).

Ueber die meisten Staaten sind in grösserem oder geringerem Umfange derlei Angaben vorhanden; sie tragen aber häufig, wenigstens in Bezug auf das so wichtige historische Element der Nationalität in den (ganz) runden Zahlen den Stempel ihrer Unverlässlichkeit an der Stirn und sind desshalb nur mit kritischer Vorsichtigkeit zu verwenden.

11. Unter der Bewegung der Bevölkerung versteht man die Veränderung der Volkszahl, sie mag zu- oder abnehmen. Ein völlig stationärer Zustand ist nirgends vorhanden und es findet fast überall eine Zunahme statt, theils und zwar in der Regel am ausgiebigsten durch den Ueberschuss der Geburten über die Sterbefälle, theils durch Einwanderung — natürliche und zufällige Zunahme.

In den einzelnen Jahren sind jedoch in demselben Staate Schwankungen zu bemerken, welche entweder in ungleichmässiger Zunahme oder im Uebergehen derselben in nicht anhaltende Abnahme bestehen.

Die Gesetze der Bevölkerungszunahme zu finden, wurde schon vielfach versucht und namentlich hat die Ansicht, dass sie nach einer geometrischen Progression erfolge, lange Zeit hindurch sich behauptet und wird auch gegenwärtig noch häufig als ein unantastbarer Glaubensartikel hingenommen, indem man die Volkszahl als ein Capital ansah oder ansieht, dessen Zinsen wieder Zinsen tragen. Bezeichnet man durch P die Grösse der Bevölkerung, durch ΔP ihre natürliche Zunahme, durch $q-1$ das Verhältniss $\frac{\Delta P}{P}$, durch G die Anzahl der Geburten und durch S die der Sterbefälle, so hätte man nach dieser Ansicht, wenn von der zufälligen Zunahme ganz abstrahirt wird,

$$\Delta P = G - S,$$

$$q = 1 + \frac{G - S}{P} \quad \text{und}$$

$$P + \Delta P = P q.$$

Unterscheidet man diese Zahlen für die auf einander folgenden Jahre durch Zeiger, so wird

$$P_1 = P_0 q,$$

$$P_2 = P_1 q,$$

$$P_3 = P_2 q,$$

$$\dots\dots\dots$$

$$\dots\dots\dots$$

$$P_n = P_{n-1} q, \text{ also}$$

$$P_n = P_0 q^n \quad \text{und}$$

es müsste stets

$$\frac{G_1 - S_1}{P_1} = \frac{G_2 - S_2}{P_2} = \dots\dots\dots = \frac{G_{n-1} - S_{n-1}}{P_{n-1}}$$

sein.

Eine solche, von Vielen gefürchtete Gesetzmässigkeit findet jedoch nirgends statt. Auch hat Quetelet in seinem Werke: „Sur l'homme etc.“ die Theorie der Bewegung der Bevölkerung auf folgende zwei Sätze zurückgeführt:

1) „Die Volksmenge hat die Tendenz in einer geometrischen „Reihe zu wachsen;

2) „Der Widerstand oder die Summe der Hindernisse, welche „ihrer Entwicklung entgegenstehen, wächst wie das Quadrat der „Geschwindigkeit, mit der die Bevölkerung zu wachsen strebt.“

Hieraus ergibt sich, dass die geometrische Progression nirgends völlig rein sich zeigen könne und vielmehr das Verhältniss der

Volkszahlen zweier hinter einander folgenden Jahre nach Maass der verschiedenen Hindernisse variiren müsse. Doch kann die Frage noch nicht als erledigt betrachtet werden; auch erhärtet Quetelet die obigen Sätze nicht durch Gründe und Beispiele. Sofort bleibt nichts Anderes übrig, als die Volkszunahme von Jahr zu Jahr oder von Periode zu Periode in Percenten des ersten Jahres anzugeben. So betrug z. B. die Bevölkerung vom Grossherzogthume Baden

im Jahre	1812	1,001720,
	1813	1,002000,
	1816	1,005899,
	1820	1,051388,
	1830	1,200488,
	1840	1,296967,
	1844	1,349930 Einwohner;

mithin nahm von 1812 bis 1813 die Bevölkerung zu um 0.03% , von 1812 — 1816 um 0.42% ,

von 1812 — 1820 um 4.96% , von 1812 — 1830 um 11.86% ,

„ 1812 — 1840 „ 29.47% , „ 1812 — 1844 „ 34.76% .

Will man von einer gegebenen Periode die auf ein Jahr entfallenden Percente angeben, so muss man freilich q nach der Formel

$$P_n = P_0 q^n$$

bestimmen, oder wenn man weniger genau sein will, die Percente mittels der mittlern Volkszahl berechnen. So beträgt die Bevölkerungszunahme von Baden von 1812 bis 1844 jährlich 1.365% , wenn man nach der Formel, oder 1.346% , wenn man mittels der mittleren Volkszahl rechnet. Uebrigens ist klar, dass die Gleichung

$$q = \sqrt[n]{\frac{P_n}{P_0}}$$

bei stark fluctuirender Bevölkerung und wenn n gross ist, nur einen relativen Werth von q geben können, welcher keinen begründeten Schluss auf die nächste Zukunft gestattet. Denn da von der $(n+1)$ jährigen Periode nur zwei Zahlen in Rechnung kommen, so kann es sich leicht treffen, dass beide im entgegengesetzten Sinne Schwankungen enthalten, die sich in den Zwischenzahlen gar nicht ausprägen. Offenbar hat man sämtliche Zahlen $P_0, P_1, P_2, \dots, P_n$ in Rechnung zu ziehen, daher nur durch das folgende, wenn auch nicht übliche Verfahren, verlässliche Mittelwerthe gewonnen werden. Man suche die Verhältnisse

$$\frac{P_1}{P_0} = q_1, \frac{P_2}{P_1} = q_2, \frac{P_3}{P_2} = q_3, \dots \frac{P_n}{P_{n-1}} = q_n$$

und bestimme q aus

$$q = \sqrt[n]{q_1 q_2 q_3 \dots q_n}$$

Uebrigens lässt sich zeigen, dass man, wenn die Differenzen dieser Verhältnisse unter einander nicht gar zu gross sind, q hinreichend genau aus

$$q = \frac{1}{n}(q_1 + q_2 + q_3 + \dots + q_n)$$

erhalte.

Folgende Tabelle enthält die Bevölkerungszunahmen mehrerer europäischen Staaten.

Land	Epoche	Bevölkerung	Zunahme in Procenten	Jährliche Zunahme in Procenten	
Böhmen (ohne Militär)	1780	2,561794			
	1790	2,873504	12.2	1.15	0.84
	1800	3,042622	5.9	0.57	
	1810	3,086654	1.5	0.14	
	1820	3,379341	9.5	0.91	
	1830	3,828749	13.3	1.26	
	1840	4,112085	7.4	0.72	
Nieder - Oesterreich (ohne Militär)	1843	4,249669	3.3	1.10	
	1830	1,291858	6.5	0.63	0.80
	1840	1,375400	2.9	0.97	
Ober - Oesterreich (ohne Militär)	1843	1,415695			
	1830	824189	2.5	0.25	0.25
	1840	844916	0.8	0.25	
Lombardie (ohne Militär)	1843	851298			
	1830	2,380637	5.7	0.56	0.75
	1840	2,516426	2.8	0.95	
Gouvern. Venedig (ohne Militär)	1843	2,588526			
	1830	2,028106	5.4	0.53	0.81
	1840	2,137608	3.3	1.09	
Dalmatien (ohne Militär)	1843	2,207996			
	1830	338599	13.6	1.28	1.17
	1840	384572	3.2	1.07	
Küstenland (ohne Militär)	1843	397051			
	1830	424071	12.0	1.14	0.94
	1840	474780	2.3	0.75	
Königreich Preussen	1843	485540			
	1816	10,349031	18.4	1.90	1.54
	1825	12,256725	6.4	1.04	
	1831	13,038960	8.1	1.31	
	1837	14,098125	5.9	1.93	
	1840	14,928501			

Land	Epoche	Bevölkerung	Zunahme	Jährliche Zunahme	
			in	in	in
			Percenten	Percenten	
Königreich Sachsen	1815	1,178802			
	1820	1,248947	5.9	1.16	} 1.33
	1830	1,402066	12.3	1.16	
	1840	1,706276	21.7	1.98	
	1843	1,757800	3.0	1.00	
„ Hannover	1830	1,646745			
	1840	1,733633	5.3	0.52	} 0.57
	1843	1,766353	1.9	0.63	
Grossherzog. Baden	1815	1,004000			
	1820	1,051388	2.3	0.46	} 0.89
	1830	1,200488	14.1	1.33	
	1840	1,296967	8.0	0.78	
	1843	1,335200	2.9	0.97	
König. Württemberg	1833	1,587448			
	1840	1,683168	6.0	0.84	} 0.85
	1843	1,726536	2.6	0.85	
„ Frankreich	1831	32,560900			
	1841	34,230178	5.1	0.50	} 0.50
„ Sardinien (ohne die Insel)	1819	3,419538			
	1824	3,674707	7.5	1.45	} 0.95
	1830	3,972490	5.6	0.92	
	1838	4,125735	3.9	0.47	
Königr. Grossbritta- nien mit Irland	1821	21,193458			
	1831	24,307219	14.7	1.38	} 1.16
	1841	26,702049	9.9	0.94	
Königr. Schweden (ohne Norwegen)	1810	2,377851			
	1820	2,584690	8.7	0.84	} 0.96
	1830	2,888082	11.7	1.12	
	1835	3,025439	4.8	0.93	

12. An diesen Zahlen hat die natürliche Bevölkerungszunahme den meisten Antheil; denn die zufällige ist in grossen Staaten kaum beachtenswerth, wohl aber in kleinen Gebieten, bei welchen sich ihr Einfluss selbst auf eine merkbare Verrückung des Sexualverhältnisses und besonders der Altersklassen erstrecken kann, und dort, wo die Einwanderung sehr beträchtlich ist. Dies zeigt sich besonders in den nordamerikanischen Freistaaten, ja sogar in Preussen, welches die geringe Differenz zwischen dem männlichen und weiblichen Geschlechte und die Verstärkung der wehrhaften Altersklassen, was sicher von sehr grosser Bedeutung ist, zunächst der Einwanderung verdankt.

So betrug in Preussen
 die männliche Bevölkerung **1816** **5,133475,** **1837** **7,039223,**
 „ weibliche „ „ **5,215556,** **7,058902,**
 also kamen auf **1000** männliche Individuen
1016, **1003**
 weibliche; überdiess waren unter einer Million Einwohner vom **15.**
 bis **45.** Lebensjahre

1816	1837
217035 männlich,	239109 männlich,
232216 weiblich	233991 weiblich,

Zahlen, an denen freilich auch die Folgen der dem Jahre **1816** vor-
 angegangenen Kriege einen grossen Antheil haben.

Am meisten gewinnen die Städte sowohl durch Zuziehen aus
 dem Inlande, als auch durch Einwanderung, die namentlich in der
 österreichischen Monarchie fast ausschliesslich den Städten zu Gute
 kommen mag, jedoch nicht beträchtlich ist.

Anmerkung. Fast nirgends findet gleiches Fortschreiten der beiden
 Geschlechter, der städtischen und ländlichen Bevölkerung, der verschiede-
 nen Cathegorien nach Beschäftigung u. s. w. statt, weil allerlei Umstände
 hindernd oder befördernd darauf und namentlich auf die Richtung der Thä-
 tigkeit einwirken. Hinsichtlich der Zunahme der beiden Geschlechter fol-
 gende Beispiele.

Jährliche Zunahme beim		männlichen	weiblichen	Geschlecht.
Böhmen	von 1830—1834	0·490%	0·822%	
	„ 1834—1839	0·748	0·645	
	„ 1839—1844	1·032	0·936	
	„ 1830—1844	0·775	0·800	
Nieder-Oesterreich	von 1830—1834	0·139	0·471	
	„ 1834—1839	0·572	0·300	
	„ 1839—1844	1·406	1·025	
	„ 1830—1844	0·705	0·472	
Küstenland	„ 1830—1834	0·592	1·026	
	„ 1834—1839	1·833	1·321	
	„ 1839—1844	0·780	0·655	
	„ 1830—1844	1·101	1·001	
Wien	„ 1830—1844	1·290	1·074	
Prag	„ „ „	0·496	0·607	
Triest	„ „ „	3·036	2·085	
Berlin	„ 1825—1840	2·788	2·680	

13. Man nennt in Bezug auf eine Periode die schon
 eingegangenen Ehen die stehenden und die innerhalb der-

selben erfolgenden die neuen oder Trauungen. Letztere werden wohl in den meisten Staaten angegeben, erstere hingegen nur in wenigen, mindest sind sie in den officiellen Ausweisen der Volkslisten nicht enthalten. Neben der Kenntniss der Volkszahl in einem Staate ist die jener der Ehen von wesentlichem Belange. In einigen Staaten nehmen die Ehen zu, in anderen ab und sie sind überhaupt ihrer Zahl nach vielen Schwankungen ausgesetzt.

So waren in Frankreich unter 1000 weiblichen Individuen verheiratet:

1806	351,	1831	364
1821	357,	1836	363,

dagegen in Preussen unter 1000 Individuen überhaupt

1822	356,	1834	338
1828	349,	1837	335,

im Königreiche Sachsen unter 1000 Einwohnern

1840	343,	1843	344
------	------	------	-----

in Schweden (ohne Norwegen)

1815	355,	1830	346
1825	335,	1835	338,

in Norwegen

1835	323
------	-----

in den Niederlanden

1830	314,	1840	312.
------	------	------	------

Bestimmter lässt sich von den meisten Staaten das Trauungsverhältniss, d. h. das Verhältniss der Volkszahl zu den neuen Ehen angeben.

So kommt eine Ehe auf		Individuen
in Böhmen	von 1830—1834	127,
	„ 1835—1839	125,
	„ 1840—1844	121,
„ Nieder-Oesterreich	von 1830—1834	128,
	„ 1835—1839	121,
	„ 18 0—1844	122,
„ der Lombardie	von 1830—1834	114,
	„ 1835—1839	110,
	„ 1840—1844	116,
„ Frankreich	von 1801—1805	137,
	„ 1806—1810	127,
	„ 1811—1815	117,
	„ 1816—1820	138,
	„ 1821—1825	130,
	„ 1826—1830	127,
	„ 1831—1835	128,

in England	von 1839	126
„	„ 1840	128
„	„ 1841	130
„	„ 1842	136
Schweden (ohne	von 1816—1825	115
Norwegen)	„ 1826—1835	132
Dänemark	„ 1835—1839	134.

14. So manche Zustände in einem Staate finden ihre Erklärung in den Altersklassen der Heiratenden, welche in den verschiedenen Staaten ungemein von einander abweichen; im Allgemeinen mag bemerkt werden, dass in den südlichen die Ehen in jüngeren Jahren erfolgen, als in den nördlichen. Die Trauungslisten enthalten hierüber mehr oder weniger Detail. So unterscheiden die österreichischen beim männlichen Geschlechte die Altersklassen

bis 24, 24—30, 30—34, 40—50, 50—60, über 60,

beim weiblichen die Altersklassen

bis 20, 20—24, 24—30, 30—40, 40—50, über 50.

Innerhalb der Perioden 1830—1834, 1835—1839 entfielen auf 1000 Trauungen auf obige Classen in Böhmen

246,	356,	253,	89,	40,	16	} männliche Individuen,
264,	350,	242,	91,	39,	14	
183,	298,	294,	166,	50,	9	} weibliche „ „
171,	304,	301,	161,	53,	10	

in Nieder-Oesterreich

178,	329,	312,	112,	50,	19	} männliche „ „
172,	327,	325,	112,	47,	17	
82,	222,	348,	250,	81,	17	} weibliche „ „
78,	221,	358,	247,	77,	19	

in Ober-Oesterreich

188,	278,	312,	138,	61,	23	} männliche „ „
162,	288,	320,	151,	57,	22	
83,	225,	301,	265,	104,	22	} weibliche „ „
66,	222,	323,	260,	105,	24	

in Dalmatien

218,	433,	255,	67,	19,	8	} männliche „ „
204,	405,	284,	76,	23,	8	
187,	320,	335,	124,	26,	8	} weibliche „ „
224,	290,	312,	137,	31,	6	

im Küstenlande

360,	344,	198,	67,	25,	6	} männliche „ „
290,	368,	228,	79,	28,	7	
242,	362,	250,	109,	29,	8	} weibliche „ „
212,	324,	289,	133,	34,	8	

in der Lombardie

348,	359,	184,	66,	30,	13	} männliche
315,	355,	212,	73,	32,	13	
290,	389,	208,	73,	27,	13	} weibliche
289,	358,	218,	92,	30,	13	

Neben den Altersverhältnissen wird in den österreichischen Trauungslisten noch angegeben, wie viele neue Ehen zwischen beiderseits Ledigen, zwischen Ledigen und Verwitweten und endlich zwischen Verwitweten unter einander jährlich erfolgen.

Unter 1000 Ehen waren innerhalb der obigen Perioden

	von der 1.	2.	3. Art
in Böhmen	760,	194,	46
	769,	190,	41
in Nieder-Oesterreich	696,	257,	47
	717,	242,	41
in Ober-Oesterreich	715,	258,	27
	724,	251,	25
in Dalmatien	863,	73,	64
	851,	90,	59
im Küstenlande	804,	141,	55
	791,	158,	51
in der Lombardie	790,	138,	72
	762,	154,	84.

Anmerkung. Die mittlere Dauer der Ehen lässt sich meist nur annähernd berechnen, da die zu einem genauen Resultate nöthigen Zahlen fehlen. Für ein Beiläufiges nimmt man das Verhältniss der stehenden Ehen zu den Trauungen.

Auf diese Weise findet *Bernouilli*

Land	Epoche	mittlere Dauer der Ehen
Neapel	1832	25.5 Jahre
Württemberg	1832	24.1 „
Frankreich	1831	23.6 „
Sachsen	1834	21.6 „
Belgien	1830	21.3 „
Preussen	1834	17.6 „

Eben so unverlässlich ist die Bestimmung des mittlern Alters der Heiratenden. Was namentlich die österreichischen Trauungslisten anbelangt, so ist es verlässlicher, das wahrscheinliche Alter der Heiratenden, d. h. den Zeitpunkt, bis zu welchem die Hälfte der sich überhaupt Verehlichenden die Ehe eingegangen hat, zu bestimmen.

Innerhalb der zwei Perioden von 1830—1834 und von 1835—1839 findet man

	für das männliche	für das weibliche Geschlecht
in Böhmen	27.3 Jahre	23.4 Jahre
	27.1 „	23.5 „

	für das männliche	für das weibliche Geschlecht.
in Niederösterreich	28·9 Jahre	26·4 Jahre
	29·0 „	26·4 „
in Oberösterreich	31·1 „	27·8 „
	31·6 „	28·0 „
in Dalmatien	27·0 „	23·9 „
	27·4 „	23·8 „
im Küstenlande	25·4 „	21·9 „
	26·4 „	22·6 „
in der Lombardie	25·6 „	21·2 „
	25·7 „	21·4 „

15. Da dem Obigen zufolge die Bewegung der Bevölkerung zunächst von dem Ueberschusse der Gebornen über die Verstorbenen abhängt, so ist die sorgfältige Ausmittlung dieser beiden Elemente von ungemeiner Wichtigkeit, um so mehr, weil dort, wo die Volkszählungen in Perioden erfolgen, der Bevölkerungsstand in den Zwischenjahren auf keine andere Weise ermittelt werden kann — unter Berücksichtigung der allenfalls bekannten Aus- und Einwanderungen, u. s. w. Meist wie z. B. in der österreichischen Monarchie, werden die hierzu nöthigen Register nebst denen über die Trauungen von den Priestern geführt.

Die Geburtsregister sollen die lebend und todt Gebornen, ehelich und unehelich Gebornen nebst den Mehrlingsgeburten specialisiren. Ueberdiess ist die Unterscheidung nach dem Geschlechte nothwendig.

Bei den Angaben über die Verstorbenen ist die Specialisirung nach Alter, Stand, Geschlecht, Ursache des Todes, Nationalität u. s. w. wünschenswerth.

16. In Betreff des Sexualverhältnisses der Gebornen ist es eine völlig sichere Thatsache, dass mehr Knaben als Mädchen geboren werden. Auf 100 Mädchen kommen in ganz Europa 105 bis 106 Knaben, wiewohl das Verhältniss in den einzelnen Jahren, wenn auch nur innerhalb ziemlich enger Grenzen schwankt. Ueberdiess scheint es bei den unehelichen Geburten nach den vorhandenen Daten kleiner zu sein (104 bis 105) als bei den ehelichen; am grössten ist es dagegen bei den Todtgeborenen.

So normal auch das Sexualverhältniss der Geburten sich darstellt, so wenig vermag man diese Erscheinung genügend zu erklären; doch mag, wie mehrere Beobachtungen zeigen, die Altersdifferenz der Eltern einen grossen Einfluss darauf haben, vielleicht den grössten. Auf keinen Fall ist die Frage gelöst.

Tabelle des Sexualverhältnisses der Gebornen in mehreren europäischen Staaten:

A) Bei den Geburten überhaupt.

Land	Epoche	Geburten		Auf 1000 weibl. kommen männ.
		männliche mittlere Zahlen	weibliche	
Böhmen (ohne die Todt- geborenen)	1830—1834	68923	64456	1066
	1835—1839	69273	64823	1065
Niederösterreich (ohne die Todtgeborenen)	1830—1834	19508	18474	1054
	1835—1839	20284	19085	1052
Küstenland (ohne die Todtgeborenen)	1830—1834	8172	7601	1080
	1835—1839	8498	8134	1057
Königreich Hannover (ohne die Todtgeborenen)	1830—1834	26485	25131	1054
	1835—1839	28032	26577	1055
England (allein)	1840—1842	261787	248946	1051
Schweden (ohne Nor- wegen)	1796—1805	38638	36809	1049
	1816—1825	46263	44217	1046
	1826—1835	48678	46475	1047
Norwegen	1816—1825	16631	15886	1047
	1826—1835	18548	17579	1055
	1801—1835	15549	14827	1049
Preussen	1820—1834	260467	245760	1060
	1841	304446	287059	1061
Frankreich	1817—1837	499329	469423	1064
	1842	506309	476587	1063

B) Bei den ehelichen, unehelichen und todten Geburten

Land	Epoche	Auf 1000 weibliche kommen männliche		
		eheliche	uneheliche	todte
Böhmen	1830—1834	1074	1052	1366
	1835—1839	1074	1042	1358
Niederösterreich	1830—1834	1061	1051	1332
	1835—1839	1064	1039	1350
Küstenland	1830—1834	1079	1192	1426
	1835—1839	1059	1064	1229
Hannover	1830—1834	1056	1034	1325
	1835—1839	1054	1055	1400
England	1842	1050	1048	—
Schweden	1796—1805	1052	1033	—
(ohne Norwegen)	1816—1825	1047	1039	—
	1826—1835	1048	1043	—
Preussen	1841	1063	1034	1357
Baiern	1840	1070	1051	1373
Belgien	1842	1047	1055	1364
Frankreich	1842	1065	1026	1449
Württemberg	1833—1842	1064	1029	—

17. Um die Anzahl der Geburten in den verschiedenen Län-

dern leichter vergleichen zu können, nimmt man das Verhältniss der Volkszahl zu ihr und nennt es die Fruchtbarkeits- oder Reproductions-Ziffer, welche mithin anzeigt, auf wie viel Einwohner ein neu gebornes Kind kommt. Im Allgemeinen rechnet man in Europa in diesem Jahrhunderte auf je 28 Individuen ein neu gebornes Kind. Doch schwankt das Verhältniss nach Ort und Zeit innerhalb ziemlich weiter Grenzen.

Wir fügen hier die Grösse dieses Verhältnisses mehrerer Staaten bei.

Land	Epoche	Reproductions-Ziffer	Land	Epoche	Reproductions-Ziffer
Böhmen	1830—1834	25·0	Preussen	1825—1828	24·4
	1835—1839	25·3		1831—1834	25·8
Nieder-	1830—1834	26·3		1835—1839	25·2
österreich	1835—1839	25·2		1822—1837	25·0
Küsten-	1830—1834	25·5	England	1839—1842	31·0
land	1835—1839	25·3	Frankreich	1821—1831	32·5
				1836—1841	34·6.

18. Unter ehelicher Fruchtbarkeit versteht man die Anzahl der Kinder, welche durchschnittlich auf eine jede Ehe überhaupt kommen. Da jedoch die zu einer solchen Berechnung nöthigen Bestimmungsstücke meist mangeln und in grösserer Ausdehnung auch nicht leicht zu erhalten sein dürften; so nimmt man dafür das Verhältniss der Trauungen zu den eben in diesem Jahre gebornen ehelichen Kindern, indem man schliesst, dass auf diese Weise alle Ehen gleichförmig in Rechnung gezogen werden, was begreiflicher Weise nur bedingt richtig ist. Auf diese Weise berechnete Resultate enthält folgende Tabelle und wir bemerken nur noch, dass man überhaupt in Europa die eheliche Fruchtbarkeit auf vier Kinder (etwas mehr) anzunehmen pflegt.

Land	Epoche	Eheliche Fruchtbarkeit	Land	Epoche	Eheliche Fruchtbarkeit
Böhmen	1830—1834	4·42	Frankreich	1801—1805	4·22
	1835—1839	4·24		1806—1810	3·82
Nieder-	1830—1834	3·84		1811—1815	3·49
österreich	1835—1839	3·68		1816—1820	4·08
Küsten-	1830—1834	4·70		1821—1825	3·75
land	1835—1839	4·34		1826—1830	3·57
Preussen	1820—1834	4·38		1831—1835	3·48
	1835—1837	4·05		1842	3·26
Sachsen	1832—1838	4·17	England	1842	4·06
Hannover	1824—1833	3·87	Schweden	1831—1835	4·15
	1834—1843	3·75	(ohne Norwegen)		
Baiern	1835—1838	3·97	Norwegen	1831—1835	4·01
				1801—1835	3·62.

19. Zur Erleichterung der Uebersicht über das Vorkommen der unehelichen Kinder und der Todtgeborenen vergleicht man sie mit den Geburten überhaupt. Es darf übrigens nicht befremden, wenn die Daten über die Todtgeborenen noch sparsam und die davon abgeleiteten Verhältnisse noch unverlässlich sind; denn erst in neuerer Zeit hat man mehr Sorgfalt auf die Ausmittlung ihrer absoluten Grösse und zwar nur hie und da verwendet. Uebrigens beruhen oft scheinbare Anomalien auf constatirten Thatsachen; so ergeben in Isterien im achtjährigen Durchschnitte vier sumpfige Bezirke 9 bis 15 Todtgeborene auf 100 Geburten und 5 hochliegende kaum 1 todte Geburt.

Alle Beobachtungen zeigen, dass unter unehelich Geborenen mehr Todtgeborene vorkommen, als bei ehelichen Geburten, wesshalb auch in Städten die Zahl grösser erscheint als auf dem Lande, besonders in denen, welche Findelhäuser haben und mithin viele unehelich Geborne aufweisen, was bei Beurtheilung so ungünstiger Verhältnisse wohl zu berücksichtigen ist.

Unter 1000 Geburten sind			Unter 1000 Geburten sind		
Land	Epoche	todte	Land	Epoche	todte
Böhmen	1830—1834	18	Hannover	1824—1833	37
	1835—1839	19		1834—1843	39
Nieder-Oesterreich	1830—1834	25	Schweden (ohne Norwegen)	1831—1835	29
	1835—1839	26			
Küstenland	1830—1834	17	Norwegen	1801—1835	32
	1835—1839	15	Sachsen	1832—1838	45
Preussen	1823—1827	34	Baiern	1836—1839	31
	1828—1832	35	Belgien	1842	39
	1833—1837	37	Frankreich	1842	30.

Anmerkung 1. Ueber die Mehrlingsgeburten sind die Angaben sehr sparsam; im Durchschnitte mag in Europa unter etwa 80 Geburten eine Mehrlingsgeburt sein.

Anmerkung 2. Alle bisher angeführten Verhältnisse gestalten sich in grossen Städten ganz anders, als in den betreffenden Ländern. Um nur einige Beispiele anzuführen, bemerken wir, dass in Prag auf 1000 männliche Individuen in den Perioden 1830—1834 und 1835—1839, 1179, 1185 weibliche kommen gegen 1131 und 1140 in ganz Böhmen. Ebenso ist die Geburtsziffer 23.5 und 21.4 gegen 25.0 und 25.3; unter 1000 Geburten waren in Prag 601, 574 eheliche, 399, 426 uneheliche und 46, 42 todte gegen 866, 859 eheliche, 134, 141 uneheliche, 16, 17 todte. Wien nahm von 1830—1844 im Durchschnitte jährlich um 1.178%, dagegen Nieder-Oesterreich nur um 0.585% an Bevölkerung zu. Das Sexualverhältniss war in Wien von 1830—1834 und 1835—1839 auf 1000 männliche Individuen

1105 und 1108 gegen 1069 und 1062 in der ganzen Provinz, bei den Geburten 1057 und 1045 gegen 1059 und 1058, die Geburtsziffer 22·1 und 20·5 gegen 26·3 und 25·2. Unter 1000 Geburten waren in Wien 568, 540 eheliche, 332, 460 uneheliche, 36, 34 todte, in Nieder-Oesterreich 787, 769 eheliche, 213, 231 uneheliche, 22, 23 todte. In Prag kam innerhalb der genannten Perioden eine Ehe auf 122 und 112, in Wien auf 124 und 106, in den betreffenden Provinzen aber auf 127 und 125, auf 128 und 121. In Bezug auf uneheliche Geburten bietet in der österreichischen Monarchie die Stadt Graz das ungünstigste Verhältniss dar; denn es waren unter 1000 Geburten

von	1830—1834	453	eheliche	und	547	uneheliche
	1835—1839	376	„	„	624	„
	1840—1844	346	„	„	654	„

also in der letzten Periode nahezu doppelt so viel uneheliche als eheliche. In München zeigt sich Aehnliches, indem die Anzahl der Unehelichen jener der Ehelichen gleich kommt, ja sie in einzelnen Jahren übertrifft.

20. So wie die Zahl der Geburten misst man auch die der Sterbefälle im Verhältnisse zur Bevölkerung. Man nennt das Verhältniss der Volkszahl zu der der Sterbefälle die **Mortalitätsziffer**. Sie variirt gleich der Geburtsziffer in den verschiedenen Ländern und schwankt wie diese mit der Zeit innerhalb ziemlich weiter Grenzen.

Folgende Beispiele zur nähern Erläuterung.

Land	Epoche	Ein Sterbefall kommt auf Individuen
Böhmen	1830—1834	32·8
	1835—1839	32·8
Nieder-Oesterreich	1830—1834	26·1
	1835—1839	26·1
Küstenland	1830—1834	33·7
	1835—1839	32·6
Preussen	1829—1831	31·1
	1832—1834	31·9
	1835—1837	34·4
	1840	35·7
Hannover	1824—1833	43·3
	1834—1843	43·6
Württemberg	1833—1837	27·7
	1838—1842	29·9
Frankreich	1811—1815	37·2
	1816—1820	39·8
	1821—1825	40·7
	1826—1830	39·9
	1831—1835	38·7
	1841	42·5

Land	Epoche	Ein Sterbefall kommt auf Individuen
England	1838—1842	45 *)
Schweden (ohne Nor- wegen)	1796—1805	39·9
	1816—1825	43·2
"	1826—1835	41·7
Norwegen	1825	57·7
	1835	51·6

In grossen Städten sind diese Verhältnisse, wie man im Voraus vermuthen kann, bei weitem ungünstiger.

Wien	1830—1834	20·2
	1835—1839	20·0
Prag	1830—1834	24·1
	1835—1839	23·0
Triest	1830—1834	27·5
	1835—1839	24·3
London	1842	39·0 ?
Stockholm	1830—1835	21·0
Berlin	1820—1834	33·1
	1837	24·1
	1839	31·9.

Unter dem männlichen Geschlechte ist die Sterblichkeit fast überall grösser als unter dem weiblichen, namentlich aber in grossen Städten.

Land oder Stadt	Epoche	Sterblichkeitsziffer für das	
		männliche	weibliche Geschlecht
Böhmen	1830—1834	30·7	35·0
	1835—1839	30·4	35·2
Prag	1830—1834	21·9	26·6
	1835—1839	20·3	25·8
Nieder-Oesterreich	1830—1834	25·0	27·3
	1835—1839	24·6	27·7
Wien	1830—1834	18·7	21·8
	1835—1839	18·2	22·0
Küstenland	1830—1834	32·4	35·1
	1835—1839	31·6	33·7
Triest	1830—1834	24·6	30·9
	1835—1839	22·9	25·7
Schweden	1830—1835	41·3	45·6
Stockholm	1830—1835	18·6	23·7
Norwegen	1835	49·4	54·0.

*) Es ist jedoch eine bekannte Thatsache, dass die Einregistrirungen in England sehr mangelhaft sind und sehr viele Omissionen stattfinden.

21. Ueber verschiedene auf Mortalität Bezug nehmende Beobachtungen sind zu einer comparativen Darstellung nicht hinreichend genug und nicht völlig verlässliche Daten vorhanden, was begreiflich wird, wenn man bedenkt, dass die meisten subtileren Forschungen fast ausschliesslich der neueren Zeit anheim fallen. So verhält es sich mit dem Einflusse der Jahreszeiten auf die Sterblichkeit, welcher sich auffallend bei den äussersten Altersgrenzen (Kindern und Alten) zeigt, indem die Mortalität im Winter fast doppelt so gross ist wie im Sommer, während die mittlern Altersclassen (etwa zwischen 15 und 40 Jahren) bei weitem weniger oder gar unmerklich einem solchen Einflusse unterworfen sind. Ganz vereinzelt stehen die Forschungen über die Sterblichkeit in den verschiedenen Ständen da. Es ist für sich klar, dass manche Berufsarten eine grössere Mortalität nach sich ziehen, als andere; so haben nach den Beobachtungen Theologen die grösste, Lehrer und Aerzte dagegen durchschnittlich die geringste Lebensdauer aufzuweisen. Manche Gewerbe erzeugen besonders grosse Sterblichkeit oder specielle tödtende Krankheiten. Ueber die Sterblichkeit im Militär besitzen wir nur wenige Untersuchungen, die offenbar zu interessanten Folgerungen führen müssten. Nach *Chateauneuf* starben in der französischen Infanterie von 1820—1826 durchschnittlich 1.9% und zwar von den Gemeinen 2.23%, von den Unterofficieren 1.08. Endlich zeigen die Beobachtungen, dass die Sterblichkeit unter den Verheiratheten geringer ist als unter den Ledigen.

22. Von der grössten Wichtigkeit und dem höchsten Interesse sind die Untersuchungen über die Sterblichkeit in den verschiedenen Altersclassen. Sie haben von jeher die Aufmerksamkeit der Gelehrten auf sich gezogen und dennoch gehören die gewonnenen Resultate nicht zu den verlässlichsten, da die Daten, worauf sie fusen, es nicht sind. Ueberdies werden in den Sterbelisten die Altersgrenzen häufig zu weit aus einander gerückt, ja oft dabei die Geschlechter nicht getrennt. So z. B. geben die österreichischen die 8 Altersclassen von der Geburt bis zum vollendeten 1. Lebensjahr, vom 1ten Lebensjahr bis zum 4ten

„ 4 „ „ „ 20 „

„ 20 „ „ „ 40 „

„ 40 „ „ „ 60 „

„ 60 „ „ „ 80 „

„ 80 „ „ „ 100 und die

über 100 Jahre Alten; dabei sind die Geschlechter nicht getrennt.

Die erste Beobachtung, die sich dem Forscher aufdringt, ist die grosse Kindersterblichkeit, die sich in allen Theilen der Erde zeigt.

Beispiele.

Land oder Stadt	Epoche	Von 1000 Neugeborenen sterben vor dem 1. Jahre
Böhmen	1830—1834	281
	1835—1839	275
	1840—1844	272
Prag	1830—1834	283
	1835—1839	272
	1840—1844	241
Niederösterreich	1830—1834	379
	1835—1839	375
	1840—1844	362
Wien	1830—1834	396
	1835—1839	360
	1840—1844	315
Küstenland	1830—1834	223
	1835—1839	230
	1840—1844	230
Triest	1830—1834	232
	1835—1839	242
	1840—1844	206
Preussen	1820—1834	205
Schweden	1831—1835	171.

Anmerkung 1. Zu der Kindersterblichkeit stellen erwiesen die Unehlichen und die Findelkinder ein grosses Contingent.

Anmerkung 2. Um auch eine Uebersicht über die Sterblichkeit in den verschiedenen specialisirten Altersklassen von einigen Provinzen der Monarchie zu geben, wählen wir den Zeitraum von 1830—1839, schliessen dabei die todten Geburten aus und geben die Zahl, welche von 10.000 Verstorbenen auf jede Altersklasse kommen.

Provinz. Von	0—1,	1—4,	4—20,	20—40,	40—60,	60—80,	80—100	über 100.
Böhmen	3485	1264	852	959	1378	1645	406	11
Mähren u. Schles.	2966	1438	1085	1096	1518	1551	338	8
Niederösterreich	3674	844	887	1250	1330	1622	388	5
Oberösterreich	3180	686	713	903	1412	2496	604	6
Steiermark	2626	996	1009	1070	1648	2188	450	13
Kärnt. u. Krain	2176	1226	1051	1049	1623	2416	449	10
Küstenland	2817	1697	1097	1136	1272	1595	381	5
Lombardie	3450	1281	879	1187	1419	1541	241	2
Gouv. Venedig	3636	1161	770	1117	1377	1635	302	2
Dalmatien	2105	1282	1133	1421	1498	1871	668	22
Galizien	2586	1570	1406	1455	1705	1087	180	11

23. Aus diesen, unter einander vergleichbaren Zahlen erkennt man leicht, dass die Altersklassen in den verschiedenen Provinzen der österreichischen Monarchie sehr verschiedene Zahlen der Verstorbenen aufweisen. Eben solche Differenzen zeigen sich bei der Vergleichung mit anderen Staaten und man zieht daraus den Schluss, dass diese Varietäten auch bei den Altersklassen der Lebenden anzutreffen sein müssen. Es unterliegt wohl keinem Zweifel, dass man aus gut specialisirten Sterbelisten bei gehöriger Würdigung der nähern Umstände die Anzahl der in jeder Altersklasse Lebenden berechnen könne. Denn es ist klar, dass, wenn man die Zahl derer, welche von 10.000 Neugeborenen in den verschiedenen Lebensjahren verstorben sind, kennt, zugleich auch die der von diesen Neugeborenen noch Lebenden bekannt sei. Man wird auch noch erfahren, in welchem Alter die Hälfte der Neugeborenen verstorben sei, so wie die Hälfte der das 1ste, 2te, 3te etc. Jahr Ueberlebenden. Man nennt dieses Alter die wahrscheinliche Lebensdauer oder die Lebensprobabilität, welche mithin das Alter anzeigt, das man mit gleicher Wahrscheinlichkeit noch zu durchleben, als nicht zu durchleben hoffen kann. Kennt man nach der gemachten Voraussetzung das Alter, welches jeder von den 10.000 Neugeborenen erreicht hat, so kennt man auch die Anzahl der Jahre, welche sie zusammen durchlebten, mithin lässt sich das Alter bestimmen, bei welchem, wenn alle bis dahin gelebt hätten und dann gestorben wären, sie dieselbe Gesamtzahl der Jahre durchlebt haben würden. Es ist klar, dass dies auch auf jede Altersklasse anwendbar sei und man nennt das fragliche Alter die mittlere Lebensdauer. Tafeln, in welchen neben einigen anderen Zahlen die besprochenen eingetragen sind, nennt man Sterblichkeits- oder Mortalitäts-Tafeln.

So einfach das Problem der Construction solcher Tafeln zu sein scheint, so schwierig ist die Lösung, da sie eine ungemein grosse Anzahl zweckmässiger und verlässlicher Beobachtungen voraussetzt, welche in gewünschter Ausdehnung zu haben, man sich keineswegs rühmen kann.

Indessen hat man sich die Lösung vereinfacht und fasst alle vorhandenen Sterblichkeits-Tafeln sind unter der Voraussetzung construirt, dass durchschnittlich jährlich eben so viele Individuen sterben, als geboren werden, dass mithin die Bevölkerung stationär bleibe. Um dieses Verfahren darzustellen, wollen wir annehmen, dass zu Ende des 100. Jahres irgend eine Generation ausgestorben sei und Kürze halber die Altersklassen von 20 zu 20 Jahren, wel-

che Periode wir als Einheit annehmen wollen, unterscheiden. Eine Sterbeliste habe folgende Daten geliefert:

a_1	Individuen starben innerhalb der 1. Periode,
a_2	„ „ „ „ 2. „
a_3	„ „ „ „ 3. „
a_4	„ „ „ „ 4. „
a_5	„ „ „ „ 5. „

Hieraus ergibt sich folgendes Schema

Innerhalb der Periode	Gestorbene	Lebende	Bevölkerung (Summe der Lebenden)
1.	a_1 ,	$a_1 + a_2 + a_3 + a_4 + a_5$,	$a_1 + 2a_2 + 3a_3 + 4a_4 + 5a_5$,
2.	a_2 ,	$a_2 + a_3 + a_4 + a_5$,	$a_2 + 2a_3 + 3a_4 + 4a_5$,
3.	a_3 ,	$a_3 + a_4 + a_5$,	$a_3 + 2a_4 + 3a_5$,
4.	a_4 ,	$a_4 + a_5$,	$a_4 + 2a_5$,
5.	a_5 ,	a_5 ,	a_5 .

Die beiden ersten Rubriken dieses Schema sind für sich klar, jede der beiden folgenden hat eine doppelte Bedeutung. Denn es ist einleuchtend, dass die dritte Rubrik, wenn $a_1 + a_2 + a_3 + a_4 + a_5$ Kinder geboren wurden und im Ganzen eben so viele Individuen gestorben sind, sowohl die Zahl derer angibt, welche die einzelnen Perioden erreichen, als auch anzeigt, wie viele unter den Verstorbenen älter waren, als die 1., 2., 3. etc. Periode Jahre bedeutet. Ebenso gibt die 4. Rubrik sowohl die den $a_1 + a_2 + a_3 + a_4 + a_5$ Gebornen oder Verstorbenen zugehörige Bevölkerung als auch die Anzahl Jahre an, welche die $a_1 + a_2 + a_3 + a_4 + a_5$ Gebornen zusammen durchlebten.

Sofort findet man aus

$$\frac{a_1 + 2a_2 + 3a_3 + 4a_4 + 5a_5}{a_1 + a_2 + a_3 + a_4 + a_5}$$

die mittlere Lebendauer bei der Geburt, und das Jahr, in welchem

$$\frac{1}{2} (a_1 + a_2 + a_3 + a_4 + a_5)$$

gestorben sind, gibt die wahrscheinliche; da aber die Zahl der Verstorbenen sich auf die beiden Hälften des Jahres ungefähr gleich vertheilt, so hat man von den Resultaten der mittlern und wahrscheinlichen Lebensdauer $\frac{1}{2}$ abzuziehen, was jedoch gewöhnlich nicht geschieht.

Uebrigens hat die Berechnung der wahrscheinlichen Lebensdauer gar keinen Werth; ihre Grösse ist ungemein schwankend.

Um ein Beispiel einer nach dem angeführten Principe berechneten Sterblichkeitstafel zu geben, schliessen wir eine der verlässlichsten davon, die Kerseboom'sche, hier bei.

Alter inJah- ren	Ster- bende	Le- bende	Summe der Lebenden	Wahrschein- liche Lebens- dauer	MittlereLe- bensdauer	Es stirbt einer von
0	196	1000	34975	31·0	35·0	5·1
1	36	804	33975	44·7	42·3	22·3
2	32	768	33171	47·3	43·2	24·0
3	27	736	32403	49·3	44·0	27·3
4	21	709	31667	51·0	44·7	33·8
5	12	688	30958	52·1	45·0	57·3
6	12	676	30270	52·8	44·8	56·3
7	11	664	29594	53·4	44·6	60·4
8	7	653	28930	54·0	44·3	93·3
9	7	646	28277	54·5	43·8	92·3
10	6	639	27631	55·0	43·2	106·5
11	6	633	26992	55·2	42·7	105·5
12	6	627	26359	55·6	42·1	104·5
13	5	621	25732	55·9	41·4	124·2
14	5	616	25111	56·2	40·8	123·2
15	5	611	24495	56·4	40·1	122·2
16	5	606	23884	56·8	39·4	121·2
17	5	601	23278	57·1	38·7	120·2
18	6	596	22667	57·3	38·1	99·3
19	6	590	22081	57·6	37·4	98·3
20	7	584	21491	57·9	36·8	83·4
21	6	577	20907	58·2	36·2	96·2
22	6	571	20330	58·6	35·6	95·2
23	6	565	19759	59·0	35·0	94·2
24	7	559	19194	59·3	34·3	80·0
25	8	552	18635	59·7	33·8	69·0
26	9	544	18083	60·1	33·2	60·4
27	10	535	17539	60·6	32·8	53·5
28	9	525	17004	60·9	32·4	58·3
29	9	516	16479	61·6	31·9	57·3
30	8	507	15963	62·0	31·5	63·4
31	9	499	15456	62·5	31·0	55·4
32	8	490	14957	63·0	30·5	61·3
33	7	482	14467	63·4	30·0	68·9
34	7	475	13985	63·7	29·5	67·9
35	7	468	13510	64·1	28·9	66·9
36	7	461	13042	64·4	28·3	65·9
37	8	454	12581	64·8	27·7	56·8
38	7	446	12127	65·2	27·2	63·7
39	7	439	11681	65·6	26·6	62·7

Alter in Jah- ren	Ster- bende	Le- bende	Summe der Lebenden	Wahrschein- liche Lebens- dauer	Mittlere Le- bensdauer	Es stirbt einer von
40	6	432	11242	65.9	26.0	72.0
41	6	426	10810	66.2	25.4	71.0
42	7	420	10384	66.5	24.7	60.0
43	7	413	9964	66.8	24.1	59.0
44	6	406	9551	67.2	23.5	67.7
45	7	400	9145	67.5	22.9	57.1
46	7	393	8745	67.8	22.3	56.1
47	8	386	8352	68.2	21.7	48.3
48	8	378	7966	68.6	21.1	47.3
49	8	370	7588	69.0	20.5	46.3
50	8	362	7218	69.4	19.9	45.3
51	9	354	6856	69.8	19.4	39.3
52	9	345	6502	70.2	18.9	38.3
53	9	336	6157	70.7	18.3	37.3
54	8	327	5821	71.1	17.8	40.9
55	9	319	5494	71.5	17.2	35.4
56	9	310	5175	72.0	16.7	34.4
57	10	301	4865	72.4	16.2	30.1
58	9	291	4564	73.0	15.7	32.3
59	9	282	4273	73.4	15.2	31.3
60	9	273	3991	73.9	14.6	30.3
61	10	264	3718	74.3	14.1	26.4
62	9	254	3454	74.8	13.6	28.2
63	10	245	3200	75.2	13.1	24.5
64	10	235	2955	75.6	12.6	23.5
65	10	225	2720	76.1	12.1	22.5
66	10	215	2495	76.6	11.6	21.5
67	10	205	2280	77.1	11.1	20.5
68	10	195	2075	77.5	10.6	19.5
69	10	185	1880	78.0	10.2	18.5
70	10	175	1695	78.5	9.7	17.5
71	10	165	1520	79.0	9.2	16.5
72	10	155	1355	79.4	8.7	15.5
73	10	145	1200	80.0	8.3	14.5
74	10	135	1055	80.4	7.8	13.5
75	11	125	920	81.0	7.4	11.4
76	10	114	795	81.7	7.0	11.4
77	11	104	681	82.3	6.6	9.5
78	11	93	577	83.0	6.2	8.5
79	10	82	484	83.7	5.9	8.2

Alter inJah- ren	Ster- bende	Le- bende	Summe der Lebenden	Wahrschein- liche Lebens- dauer	MittlereLe- bensdauer	Es stirbt einer von
80	9	72	402	84.4	5.6	8.0
81	9	63	330	85.0	5.2	7.0
82	8	54	267	85.8	4.9	6.8
83	7	46	213	86.5	4.6	6.6
84	7	39	167	87.0	4.3	5.6
85	6	32	128	87.8	4.0	5.3
86	6	26	96	88.5	3.7	4.3
87	5	20	70	89.3	3.5	4.0
88	4	15	50	90.3	3.3	3.8
89	3	11	35	91.3	3.2	3.7
90	2	8	24	92.0	3.0	4.0
91	2	6	16	93.0	2.7	3.0
92	1	4	10	94.0	2.5	4.0
93	1	3	6	94.5	2.0	3.0
94	1	2	3	95.0	1.5	2.0
95	1	1	1	—	1.0	1.0

Nach dieser Tafel kommt sofort auf 1000 Geburten eine Bevölkerung von 34.975 Menschen, worunter 33.975 älter als 1 Jahr, 33.171 älter als 2 Jahre, 32.403 älter als 3 Jahre u. s. w. sind. Zugleich sind 804 zwischen 1 und 2, 768 zwischen 2 und 3, 736 zwischen 3 und 4 Jahre u. s. w. alt. Nach der Geburt, nach zurückgelegtem 1., 2., 3., ... Jahre hat jedes betreffende Individuum die gleiche Wahrscheinlichkeit, beziehungsweise 31.0, 44.7, 47.3, 49.3, ... Jahre alt zu werden oder diese Jahre nicht zu erreichen. Im Mittel erreicht aber das neugeborene Kind, das zwischen 1 und 2, zwischen 2 und 3, zwischen 3 und 4 Jahre u. s. w. alte Individuum das bezügliche Alter von 35.0, 42.3, 43.2, 44.0 Jahren u. s. w. Es stirbt unter 5.1 neugeborenen Kindern, unter 22.3 zwischen 1 und 2 Jahr alten Individuen u. s. w. je eines.

Es ist begreiflich, dass diese Methode, so bequem sie auch ist, keine Genauigkeit darbieten könne, indem eine völlig stationäre Bevölkerung fast nirgends und ganz gewiss in keinem grössern Staate anzutreffen ist.

Die verschiedenen Versuche, welche zur Verbesserung der obigen Methode — der *Halley'schen* — gemacht wurden, sind eben nur Versuche, welche der Wahrheit um nicht viel näher kommen. Nur zahlreiche und genaue Beobachtungen können hier zu einem approximativen Endresultate führen; diese mangeln jedoch fast überall und namentlich herrscht in dieser Richtung über die Bevölkerungs-

Verhältnisse der österreichischen Monarchie ein Dunkel, das zu lichten, genauerer Untersuchungen bedarf, als bisher angestellt wurden.

Ohne in eine Erörterung der Versuche einzugehen, welche angestellt wurden, um die Zahl der Sterbenden oder Lebenden als Functionen der betreffenden Lebensalter darzustellen, bemerken wir nur, dass innerhalb gewisser Grenzen jede für kleine Werthe rasch abnehmende Function genüge, ohne jedoch durchaus die Gesetze der Sterblichkeit nach den bisherigen Beobachtungen auszusprechen. Es scheint übrigens, dass die transcendente Function, — eine solche muss sie jedenfalls sein — eine exponentielle und zwar von der sich so oft auch anderweitig darbietenden Form

$$y = A \cdot e^{f(x)} + B \cdot e^{\varphi(x)}$$

sei, wenn y die Anzahl der bis zu dem x^{ten} Lebensjahre Verstorbenen, e die Grundzahl der natürlichen Logarithmen und f und φ irgend welche Functionsformen bezeichnen.

Da man aber den Grad der Verlässlichkeit der Beobachtungen nicht immer kennt und die Fehler, von denen sie durchaus nicht frei sind, sich ohne Zweifel auf einige Altersclassen mehr vertheilen, als auf andere; so dürften die Sterblichkeitsgesetze bis jetzt noch nicht in einer mathematischen Formel ausgesprochen werden können, so ehrenwerth auch jeder Versuch ist, da er die Wissenschaft fördert.

Moser hat in seinem Werke: „Die Gesetze der Lebensdauer“ folgende Formel für die Sterblichkeits-Gesetze aufgestellt:

$$(1) \quad z = a \sqrt[4]{x} + b \sqrt[4]{x^9} + c \sqrt[4]{x^{17}},$$

wobei z die Anzahl der bis zum x^{ten} Lebensalter Verstorbenen und a, b, c constante Zahlen bezeichnen. Sofort leben in diesem Alter

$$(2) \quad y = 1 - a \sqrt[4]{x} - b \sqrt[4]{x^9} - c \sqrt[4]{x^{17}},$$

wenn die Anzahl der Geburten als Einheit genommen wird. Innerhalb der ersten 30 Lebensjahre genügt nach Moser das erste Glied der Reihe (1), so dass

$$(3) \quad z = a \sqrt[4]{x}$$

wird, d. h. „die Zahl der bis zum x^{ten} Jahre Verstorbenen ist bis zu dem „genannten Jahre der 4^{ten} Wurzel von x direct proportional.“

Zugleich erkennt man, dass a die Anzahl der bis zum 1. Lebensjahre Verstorbenen in Theilen der genannten Einheit bezeichne. Die Constanten b und c werden aus Beobachtungen gefunden. Moser nimmt

$$a = 0.2, \quad b = \frac{0.7125}{10^5} \quad \text{und} \quad c = \frac{0.1570}{10^8}.$$

Für Böhmen würde nach dem 15jährigen Durchschnitte von 1830 bis mit 1844 (die todtten Geburten beigezogen)

$$a=0.27576,$$

wesshalb auch noch vor dem 30. Lebensjahre die beiden anderen Coefficienten beigezogen werden müssten. Zugleich betrüge die wahrscheinliche Lebensdauer eines Neugeborenen, da diese nach (2) wegen

$$\frac{1}{2} = 1 - a \sqrt[4]{x} \text{ durch}$$

$$x = \left(\frac{1}{2a} \right)^4$$

ausgedrückt wird, nicht ganz 16 Jahre! Ja, anderen Berechnungen zufolge, betrüge sie gar nur 5 Jahre! Das dürfte denn doch etwas zu wenig sein.

25. Man hat eben desshalb namentlich die Berechnung der mittleren Lebensdauer auf eine einfachere Weise zu bewerkstelligen gesucht, indem man dafür das arithmetische Mittel der Geburts- und Mortalitäts-Ziffer nimmt. Zur Begründung dieses Verfahrens kann nur angeführt

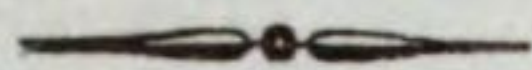
werden, dass mit der gleichzeitigen Zunahme Abnahme der Geburten und der Sterbefälle im Verhältnisse zur Population allerdings auch die mitt-

lere Lebensdauer ab- zu- nehme. Auf diese Weise findet man für einige Provinzen der österreichischen Monarchie folgende Resultate.

Provinz	Epoche	Mittlere Lebensdauer beim	
		männlichen	weiblichen G.
Böhmen	1830—1834	26.7	31.2
	1835—1839	26.6	31.5
Nieder-Oesterreich	1830—1834	24.8	27.6
	1835—1839	24.2	27.2
Küstenland	1830—1834	28.3	31.0
	1835—1839	27.9	30.0
Mähren und Schlesien	1830—1834	25.3	29.1
	1835—1839	26.1	30.3
Tirol	1830—1834	32.7	35.8
	1835—1839	31.9	34.8
Andere Staaten			
Preussen	1820—1834	29.6	31.5
		überhaupt	
	1834—1837	29.6	
England	1839—1842	38.0	
Frankreich	1821 1831	36.4	
	1836—1841	37.6	

Städte	Epoche	Mittlere Lebensdauer beim	
		männlichen	weiblichen G.
Wien	1830—1834	19·6	22·8
	1835—1839	18·6	22·0
	1840—1844	19·4	22·6
Prag	1830—1834	21·3	26·3
	1835—1839	19·5	25·0
	1840—1844	20·3	25·0

Anmerkung. Es braucht wohl nicht erst bemerkt zu werden, dass die Untersuchungen über die mittlere Lebensdauer schon desshalb von grosser Wichtigkeit sind, weil die Tontinen, Leibrenten-Anstalten u. s. w. auf solche Erfahrungen sich stützen müssen, wenn sie einerseits gerecht und andererseits ohne Gefahr für die Anstalt bestehen sollen.



Die mittlere Lebensdauer beim männlichen und weiblichen Geschlecht

Stadt	1840-1844	1845-1849	1850-1854	1855-1859
Wien	37.8	38.5	39.2	39.8
Prag	35.0	35.5	36.0	36.5

Anmerkung. Es braucht wohl nicht erst bemerkt zu werden, dass die Untersuchungen über die mittlere Lebensdauer schon deshalb von grosser Wichtigkeit sind, weil die Tönnies, Hebrons, Anstalten u. s. w. auf solche Abhängigkeiten sich stützen müssen, wenn sie einseitig gerecht und anders-

weise ohne Rücksicht auf die Anzahl der Geburten und der Abnahme der Bevölkerung zu verfahren. Auf diese Weise findet man für einige Provinzen der österreichischen Monarchie folgende Resultate.

Provinz	Zeitraum	Männlich	Weiblich
Böhmen	1840-1844	37.8	37.3
	1845-1849	38.5	37.8
Österreich-Ungarn	1840-1844	36.2	35.7
	1845-1849	36.7	36.2
Galizien	1840-1844	35.5	35.0
	1845-1849	36.0	35.5
Polen	1840-1844	35.2	34.7
	1845-1849	35.7	35.2
Preussen	1840-1844	36.5	36.0
	1845-1849	37.0	36.5
Frankreich	1840-1844	38.0	37.5
	1845-1849	38.5	38.0
England	1840-1844	39.0	38.5
	1845-1849	39.5	39.0
Frankreich	1840-1844	37.5	37.0
	1845-1849	38.0	37.5

Die als 1857 von statistischen Jahrbuch für die österreichische Monarchie
Städte
Epochen
Männlichen Weiblichen G.

Provinz	Epochen	Männlichen	Weiblichen G.
Wien	1830-1834	29.7	31.2
	1835-1839	29.7	31.3
Prag	1830-1834	29.7	31.2
	1835-1839	29.7	31.3
	1840-1844	29.7	31.3

Anmerkungen. Es braucht wohl nicht erst bemerkt zu werden, dass die Untersuchungen über die mittlere Lebensdauer schon deshalb von grosser Wichtigkeit sind, weil die Tonalität, d. h. die Anzahl der Geburten und die Abnahme der Bevölkerung, wenn sie einwirkend gewesen und andauernd ohne Unterbrechung die Anzahl der Geburten und die Abnahme der Bevölkerung.

Die mittlere Lebensdauer ist ein sehr wichtiger Faktor bei der Beurteilung der Bevölkerungszunahme. Auf diese Weise findet man für einige Provinzen der österreichischen Monarchie folgende Resultate.

Die mittlere Lebensdauer ist ein sehr wichtiger Faktor bei der Beurteilung der Bevölkerungszunahme. Auf diese Weise findet man für einige Provinzen der österreichischen Monarchie folgende Resultate.

Die mittlere Lebensdauer ist ein sehr wichtiger Faktor bei der Beurteilung der Bevölkerungszunahme. Auf diese Weise findet man für einige Provinzen der österreichischen Monarchie folgende Resultate.

Provinz	Epochen	Männlichen	Weiblichen G.
Böhmen	1830-1834	29.7	31.2
	1835-1839	29.7	31.3
Nieder-Oesterreich	1830-1834	29.7	31.2
	1835-1839	29.7	31.3
Kärnten	1830-1834	29.7	31.2
	1835-1839	29.7	31.3
Mähren und Schlesien	1830-1834	29.7	31.2
	1835-1839	29.7	31.3
Tirol	1830-1834	29.7	31.2
	1835-1839	29.7	31.3
Frankreich	1830-1834	29.7	31.2
	1835-1839	29.7	31.3
England	1830-1834	29.7	31.2
	1835-1839	29.7	31.3
Frankreich	1830-1834	29.7	31.2
	1835-1839	29.7	31.3

Die mittlere Lebensdauer der männlichen und weiblichen Bevölkerung in den verschiedenen Epochen

Stadt	Epochen	Männliche	Weibliche
Wien	1830-1834	22.8	23.8
	1835-1839	22.8	23.8
Prag	1830-1834	22.8	23.8
	1835-1839	22.8	23.8

Anmerkung. Es braucht wohl nicht erst bemerkt zu werden, dass die Untersuchungen über die mittlere Lebensdauer schon deshalb von grosser Wichtigkeit sind, weil die Tödtlichkeit, die in den verschiedenen Ländern und in den verschiedenen Epochen verschieden ist, ein sehr wichtiges Merkmal der Bevölkerung ist, und daher eine genaue Kenntnis für die Anstaltsverwaltung von grosser Wichtigkeit ist.

Die mittlere Lebensdauer ist eine wichtige Eigenschaft der Bevölkerung, und daher eine genaue Kenntnis für die Anstaltsverwaltung von grosser Wichtigkeit ist.

Die mittlere Lebensdauer ist eine wichtige Eigenschaft der Bevölkerung, und daher eine genaue Kenntnis für die Anstaltsverwaltung von grosser Wichtigkeit ist.

Die mittlere Lebensdauer ist eine wichtige Eigenschaft der Bevölkerung, und daher eine genaue Kenntnis für die Anstaltsverwaltung von grosser Wichtigkeit ist.

Provinzen der österreichischen Monarchie folgende Resultate.

Provinz	Epochen	Männliche	Weibliche
Böhmen	1830-1834	20.7	21.2
	1835-1839	20.8	21.3
Nieder-Oesterreich	1830-1834	24.8	27.8
	1835-1839	24.8	27.2
Kärnten	1830-1834	20.8	21.0
	1835-1839	20.7	20.8
Mähren und Schlesien	1830-1834	23.8	26.1
	1835-1839	23.7	25.3
Tirol	1830-1834	21.7	25.8
	1835-1839	21.8	24.8
Anderer Länder			
Preussen	1830-1834	25.0	27.5
	1835-1839	25.0	27.5
England	1830-1834	26.0	26.0
	1835-1839	26.0	26.0
Frankreich	1830-1834	26.0	26.0
	1835-1839	26.0	26.0

Hain, Joseph,

Reine u. Militaer-Geographie

Bd.: 1

Wien 1848

Geo.u. 163 h-1

urn:nbn:de:bvb:12-bsb10429383-5